

***DISEÑO DE DISPOSITIVO PARA LIMPIEZA Y CORTE DE MALLAS Y ESTUDIO
DE EQUIPOS PARA BANCO DE PRUEBAS PARA LA SELECCIÓN DE
FILTROS INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA.***

JULIÁN ANDRÉS LEAL GÓMEZ

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2010**

***DISEÑO DE DISPOSITIVO PARA LIMPIEZA Y CORTE DE MALLAS Y ESTUDIO
DE EQUIPOS PARA BANCO DE PRUEBAS PARA LA SELECCIÓN DE
FILTROS INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA.***

JULIÁN ANDRÉS LEAL GÓMEZ

**PASANTÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO MECATRÓNICO**

DIRECTOR

**JUAN CARLOS MENA
INGENIERO ELECTRICISTA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2010**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado por el Comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Mecatrónico.

JORGE IVÁN VELANDÍA

ADOLFO ORTIZ ROSAS

Santiago de Cali, 03 marzo de 2010

CONTENIDO

GLOSARIO	
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
2. JUSTIFICACIÓN.....	22
3. OBJETIVOS.....	23
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	23
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
3.2.1. Mallas.....	23
3.2.2. Equipos.....	23
4. ANTECEDENTES.....	24
4.1. LABORATORIO MÓVIL DE PRUEBA DE FILTROS CAMFIL FARR	24
5. MARCO TEÓRICO	28
5.1. FILTRACIÓN	28
5.2. FILTRO	29
5.3. SELECCIÓN DE FILTROS.....	29
5.4. CONCEPTOS A TENER EN CUENTA.....	30
5.4.1. Presión.....	31
5.4.2. Torta de filtración.....	31
5.4.3. Viscosidad y temperatura.....	31

5.4.4.	Tamaño de partículas y concentración.....	32
5.5.	SENSORES.....	32
5.6.	ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO.....	33
5.7.	ACCIONADORES Y PREACCIONADORES.....	33
5.8.	PLC	34
5.9.	GRAFCET.....	35
6.	METODOLOGÍA.....	36
6.1.	PLANEACIÓN DEL PROYECTO.....	36
6.2.	DESARROLLO CONCEPTUAL.....	36
6.3.	DISEÑO A NIVEL DE SISTEMA.....	36
6.4.	DISEÑO DETALLADO.....	36
6.5.	PRUEBA Y REFINAMIENTO.....	37
7.	DESARROLLO.	38
8.	DESARROLLO CONCEPTUAL.....	39
8.1.	IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES.....	39
8.2.	MÉTRICAS	42
8.2.1.	Especificaciones preliminares	42
8.3.	GENERACIÓN DE CONCEPTOS	44
8.4.	CLARIFICACIÓN DEL PROBLEMA	45
8.4.1.	Descripción del producto	45
8.4.2.	Necesidades.....	45
8.4.3.	Especificaciones.....	45

9.	DESCOMPOSICIÓN DEL PROBLEMA EN SUBPROBLEMAS	46
9.1.	DIAGRAMA DE CAJA NEGRA.....	46
9.2.	DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL.....	48
10.	BÚSQUEDA EXTERNA.....	49
10.1.	BÚSQUEDA EXTERNA PARA LIMPIEZA DE MALLAS.....	49
10.2.	BÚSQUEDA EXTERNA PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	49
10.3.	BÚSQUEDA INTERNA.....	49
10.3.1.	Búsqueda interna para limpieza de mallas.....	49
10.3.2.	La recomendación para la limpieza.....	50
10.3.3.	La recomendación para el enrollado	50
10.3.3.4.	La recomendación para el embalado.	51
11.	GENERACIÓN DE CONCEPTOS	52
11.1.	TABLA DE COMBINACIONES DE CONCEPTOS	57
11.1.1.	Combinación A	59
11.1.2.	Combinación B	60
11.1.3.	Combinación C	60
11.1.4.	Combinación D.....	61
12.	SELECCIÓN DE CONCEPTOS.....	62
12.1.	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SELECCIÓN	63
12.2.	MATRIZ DE TAMIZAJE DE CONCEPTOS.....	63
13.	PRUEBA DE CONCEPTOS.....	66
14.	ARQUITECTURA.....	68

15.	DISEÑO DETALLADO	69
15.1.	LIMPIAR	69
15.1.1.	Línea de aspersión	69
15.1.1.1	Tipos de aspersión.....	71
15.1.1.2	Alcance de aspersión según ángulo.	72
15.1.1.3	Impacto.....	75
15.1.1.4.	Aspersor seleccionado para desengrasante	76
15.1.1.5.	Aspersor seleccionado para aire.....	77
15.1.2.	Rodillos limpiadores	79
15.1.3.	Elementos requeridos para la limpieza.....	82
15.1.3.4.	Elementos necesarios para línea de aspersión de desengrasante...	83
15.1.3.4.1.	Tanque almacenador.....	83
15.1.3.4.2.	Dimensiones	84
15.1.3.4.3.	Etapas de filtrado.	85
15.1.4.	Bombas centrífugas.....	90
15.1.4.4.	Tubería.	92
15.1.5.	Elementos necesarios para línea de aspersión aire	93
15.1.5.4.	Compresor:.....	93
15.1.5.5.	Tubería o medio de transporte para el aire comprimido.	95
15.1.5.6.	Elementos de acople:.....	95
15.1.6.	Elementos necesarios para rodillos limpiadores:	96

15.2.	ENROLLAR	101
15.3.	Embalar	107
15.4.	Alarmar	108
15.5.	Sensar	109
15.6.	Controlar	111
15.7.	Diseño estructural.....	114
15.8.	LABORATORIO.....	121
15.8.1.	Determinar tamaño de partículas en sólidos	121
15.8.2.	Determinar tamaño de partículas en líquidos	123
15.8.3.	Medidor de turbidez.....	124
15.8.4.	Partes por millón.	126
15.8.5.	Viscosidad	127
16.	CONCLUSIONES.....	148
	BIBLIOGRAFÍA.....	150

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Identificación de necesidades para dispositivo de limpieza	40
Tabla 2. Identificación de necesidades para selección de equipos.....	41
Tabla 3. Prioridad de los requerimientos de dispositivo para limpieza de mallas ..	41
Tabla 4. Prioridad de los requerimientos para la selección de equipos	42
Tabla 5. Especificaciones técnicas preliminares dispositivo para limpieza de mallas	43
Tabla 6. Especificaciones técnicas preliminares selección de equipos	43
Tabla 7. Comparación de conceptos	64
Tabla 8. Matriz para evaluar conceptos	65
Tabla 9. Coberturas teóricas aspersores	73
Tabla 10. Porcentaje de impacto	75
Tabla 11. Mallas tejidas	87
Tabla 14. Costos actuales limpieza, enrollado y embalado mallas	119
Tabla 15. Costos limpieza, enrollado y embalado mallas usando maquina diseñada	119
Tabla 16. Características	128
Tabla 17. Especificaciones turbidimetro	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Laboratorio móvil de prueba de filtros Camfil Farr	24
Figura 2. Hilos para mallas	25
Figura 3. Telar.....	25
Figura 4. Rollo salido del telar.....	26
Figura 5. Mesa de trabajo	26
Figura 6. Filtración tangencial	28
Figura 7. PLC Siemens S7-300	35
Figura 8. Simbología GRAFCET	35
Figura 9. Fase de desarrollo	38
Figura 10. Proceso de desarrollo	39
Figura 11. Ubicación especificaciones preliminares	42
Figura 12. Ubicación generación de conceptos	44
Figura 13. Proceso a seguir	44
Figura 14. Caja negra limpieza de mallas	47
Figura 15. Descomposición funcional limpieza de filtros.....	48
Figura 16. Eje para el enrollado	50
Figura 17. Sistema para evitar puntas salidas	51
Figura 18. Generación para almacenar	52
Figura 19. Generación para alarmar	52
Figura 20. Generación para controlar	53

Figura 21 Generación para acoplar señal de control	53
Figura 22. Generación para limpiar.....	54
Figura 23. Generación para enrollar	54
Figura 24. Generación para embalar	55
Figura 25. Rollos salidos de telar.....	56
Figura 26. Generación para alistar.....	56
Figura 27.Tabla de combinaciones	58
Figura 28. Combinación A	59
Figura 29. Combinación B	60
Figura 30. Combinación C	60
Figura 31. Combinación D	61
Figura 32. Ubicación selección de conceptos.....	62
Figura 33. Embudo de la selección de conceptos.....	62
Figura 34. Combinación para limpieza.....	65
Figura 35. Ubicación prueba de conceptos.....	66
Figura 36. Orden para limpieza de mallas	66
Figura 37. Arquitectura	68
Figura 38. Limpiar	69
Figura 39. Mallas sucia vs malla limpia.....	70
Figura 40. Uniformidad de impacto aspersor	71
Figura 41. Cobertura teórica	72
Figura 42. Cálculos para cobertura teórica	73

Figura 43. Medidas para aspersor	74
Figura 44. Sistemas de aspersión.....	74
Figura 45. Aspersor desengrasante.....	76
Figura 46. Aspersores de aire.....	77
Figura 47. Aspersores aire.....	77
Figura 48. Dimensiones Aspersor.....	78
Figura 49. Promedio de caudal de aire	78
Figura 50. Rodillos limpiadores.....	79
Figura 51. Capacidad de limpieza Vs Velocidad.....	80
Figura 52. Dimensiones rodillos.....	81
Figura 53. Rodillos con malla.....	82
Figura 54. Diagrama de elementos tanque almacenador	83
Figura 55. Tanque almacenador 3D	83
Figura 56. Dimensiones tanque almacenador	84
Figura 57. Ancho tanque almacenador	85
Figura 58 Malla metálica	86
Figura 59. Cartucho	88
Figura 60. Carcasa para filtros con malla tejida	88
Figura 61. Medio filtrante filtro coalescente	89
Figura 62. Carcasa filtro coalescente.....	89
Figura 63. Diagrama elementos bombeo	89
Figura 64. Bombas centrifugas	91

Figura 65. Instalación bomba.....	92
Figura 66. Elementos línea aspersión aire.....	93
Figura 67. Compresor tipo pistón.....	94
Figura 68. Acoples rápidos	96
Figura 69. Manguera.....	96
Figura 70. Elementos rodillos	96
Figura 71. Rodamientos ojo de pescado	97
Figura 63. Tensor banda transportadora	98
Figura 64. Otra tensor banda transportadora.....	98
Figura 65. Chumacera tipo brida.....	99
Figura 75. Diseño para remover rodillos	100
Figura 76. Otra diseño para remover rodillos.....	100
Figura 77. Enrollar	101
Figura 78. Eje con ranura	102
Figura 79. Pistón ajustando	102
Figura 80. Rodillos para alineación.....	103
Figura 81. Malla enrollada	104
Figura 82. Descripción freno.....	105
Figura 83. Freno	105
Figura 84. Vista freno simulación 3D	106
Figura 85. Dimensiones freno.....	106
Figura 86. Dimensiones ancho freno	107

Figura 87. Pedal.....	107
Figura 88. Alamar	108
Figura 89. Interruptor por flotador	108
Figura 90. Medidor de longitud	109
Figura 79. Circuitería Sensor	110
Figura 92. Controlar	111
Tabla 12. I/O	112
Figura 93. Grafcet	112
Figura 94. Logo.....	113
Figura 95. Diseño estructural	114
Figura 96. Angulo estructural	115
Figura 97. Soporte 400kg	115
Figura 98. Seccionamiento estructura	116
Figura 99. Sección #1	116
Figura 100.seccion #2.....	117
Figura 101. Estructura seccionada	117
Figura 102. Tamizadora.....	121
Figura 103. Balanza.....	122
Figura 104. Desarrollo automático para sólidos.....	123
Figura 105. Microscopio.....	124
Figura 106.Turbidimetro.....	125
Figura 107. Equipo medición partes por millón	126

Figura 108. Equipo Viscosidad	127
Figura 109. Laminilla de calibración.....	133
Figura 110. Captura	134
Figura 111. Ventana de captura.....	134
Figura 112. Menú de calibración.....	135
Figura 113. Ventana de calibración	135
Figura 114. Carga de imagen	136
Figura 115. Objetivo.....	137
Figura 116. Calibración.....	137
Figura 117. Menu configuracion.....	138
Figura 118 Configuración.....	138

LISTA DE ANEXO

ANEXO A. MANUAL CALIBRACIÓN MICROSCOPIO

ANEXO C. TEORÍA VISCOSIDAD

ANEXO B. ESPECIFICACIONES TURBIDIMETRO

GLOSARIO

ABERTURA DE MALLA: Distancia entre dos hilos adyacentes de urdiembre o de trama.

ABS: Nombre dado a una familia de termoplásticos (Acrilonitrilo Butadieno Estireno).

AISI: Clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos.

CAUDAL: Cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo.

CHUMACERA: Pieza de metal o madera con una muesca en que descansa y gira cualquier eje de maquinaria.

DIÁMETRO DE HILO: Es el diámetro del alambre con el que ha sido tejida la malla.

DISEÑO CONCURRENTE: se puede definir como una metodología en la cual el diseño del producto y el proceso de fabricación están estrechamente interrelacionados. Se trata de realizar todas las actividades implicadas en el desarrollo de un nuevo producto al mismo tiempo, esto es, de manera paralela. Pretende que los desarrolladores, desde un principio, tengan en cuenta todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde el diseño conceptual, hasta su disponibilidad incluyendo calidad, costos y necesidades de los usuarios.

ENCODER: Codificador rotatorio, también llamado codificador del eje, suele ser un dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital.

MESH: Es la numeración de la tela e identifica el número de pasos o hilos por pulgada inglesa.

NPT: Estándar Americano para tamaño nominal de tubería.

PLC: con el significado de sus siglas tenemos que es un “Controlador Lógico Programable”. Se trata de un equipo electrónico diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real.

SUPERFICIE ABIERTA: Expresa la superficie útil de la malla en porcentaje.

TRAMA: Conjunto de hilos paralelos que van dispuestos en sentido transversal en las piezas de un tejido.

URDIEMBRE: Conjunto de hilos que se colocan en el telar longitudinal y paralelamente para formar un tejido.

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo del método de ingeniería concurrente aplicado al diseño de un dispositivo de limpieza de mallas metálicas, usadas para la fabricación de filtros y para la selección de equipos necesarios para conformar un laboratorio capaz de tomar medidas importantes a la hora de selección de un filtro o medio filtrante; analizando como primera medida las necesidades planteadas por la empresa, seguido de interpretarlas y definir su real importancia dentro del desarrollo, a partir de estas se clarifica el problema y se generan, se evalúan y se seleccionan los diferentes conceptos a usar, para poder obtener un buen diseño detallado.

En la primera parte del documento encontraremos el planteamiento del problema, dándonos una información general lo que se quiere y el por qué se quiere, ya planteado el problema, se entrara a mostrar como algunas empresas incluyendo **INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA.** Realizan actualmente las labores planteadas en el problema, seguido de esto se pasara a plantear el método de ingeniería concurrente que nos explicara la forma como entraremos a solucionar el problema, en primera instancia se entrara a conocer las necesidades del cliente y definiendo su real importancia dentro del desarrollo, se generara un diagrama de caja negra que describirá las entradas, salidas y procesos que se deben realizar para solucionar el problema y a partir de estos bloques se generaran y evaluaran conceptos que puedan solucionar los bloques descritos, ya seleccionados los conceptos a usar se detallaran uno a uno para finalmente entregar el diseño detallado del sistema.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas a los que se enfrentan comúnmente las empresas que utilizan materias primas como: líquidos, gases entre otros, es que contienen cierto grado de impurezas que pueden afectar tanto el proceso como el producto final, por esta razón la filtración para las compañías se convierte en un elemento indispensable para su buen rendimiento. Según Perry y Robert H en su Manual del ingeniero químico 3ª edición, la filtración, es una técnica por la cual se hace pasar una mezcla de sólidos, fluidos o gases, a través de un medio poroso denominado filtro, en el que se retiene gran parte de él o de los componentes sólidos de la mezcla.

Actualmente la empresa **INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA.** Se dedica a la fabricación y comercialización de filtros industriales y telas metálicas tejidas y no tejidas, para los diferentes equipos utilizados en procesos productivos de las industrias petroquímica, alimenticia, farmacéutica, etc.

El presente proyecto pretende diseñar en la empresa **INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA.** Un dispositivo el cual permita limpiar las diferentes mallas que se fabrican. Actualmente el proceso de limpieza de mallas se realiza de forma manual y no llega a ser muy efectiva, por lo que se busca que este proceso sea más rápido y eficaz.

Por otra parte también se requiere realizar el estudio de algunos dispositivos para conformar un laboratorio en el cual se pueda realizar diferentes pruebas para la selección de filtros, debido a que el proceso de filtración involucra diferentes variables que se deben determinar antes de definir el tipo de filtro a utilizar.

En el documento resultado de este trabajo se especificaron las necesidades solicitadas por la empresa **INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA.** Se analizo la forma como lo desarrollan otras empresas que trabajan en la misma línea o lo que se conoce como benchmarking, se generaron diversos conceptos y después se selecciono el más indicado para este proyecto y finalmente se entrego el diseño detallado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA. fabrica y distribuye mallas metálicas tejidas las cuales se ven involucradas en el 85% de la producción de la empresa, estas mallas son usadas en gran proporción en procesos productivos alimenticios, farmacéuticos, petroquímicos etc. Por ejemplo, hoy en día se fabrican filtros para BAXTER, BAYER, COLOMBINA etc. empresas que requieren que los filtros que son fabricados a partir de estas mallas estén 100% libres de impurezas de esta forma mejorando sus procesos.

En la elaboración de estas mallas se requiere de elementos como aceites los cuales quedan penetrados en las mallas y algunas partículas externas alojadas en sus aberturas, siendo perjudiciales en los procesos ya mencionados. Actualmente se realiza un proceso de limpiado que no llega a ser efectivo, sin embargo genera costos y tiempos que pueden ser mejor aprovechados evitando inconvenientes con los clientes que pueden significar mayores costos y pérdida de prestigio de la empresa.

El dispositivo a diseñar debe estar en la capacidad de remover las partículas incrustadas en las aberturas de la malla y limpiar su exterior. De esta forma optimizando la forma como hoy en día se realiza, igualmente evitando que el operario tenga contacto directo con elementos perjudiciales para su salud como el desengrasante que con el tiempo puede generarle enfermedades profesionales que generan altos costos para la empresa; más adelante se determinara la forma como actualmente se realiza y lo que se propone para mejorara estas condiciones.

Por otra parte **INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA.** no cuentan con dispositivos capaces de determinar diferentes variables importantes para la selección de filtros. A la hora de seleccionar un filtro se deben tener diferentes variables presentes, debido a que no en todos los procesos en los que los filtros se ven involucrados son iguales, por ejemplo un filtro que trabaja en un proceso de filtrado de un fluido a 80° C con una presión de 40 PSI pasando por una tubería de ¾ de pulgada no puede usar el mismo filtro para un proceso de filtrado de un fluido a 30° C con una presión de 80 PSI pasando por una tubería de 1 de pulgada, esto sin tener en cuenta las propiedades del fluido, solido o gas a filtrar. Por esta razón, es importante determinar las diferentes variables en estos procesos como la viscosidad, partes por millón, turbiedad, tamaño de partículas, temperatura, caudal entre otras.

Actualmente, el proceso de selección de los filtros se realiza con base a la experiencia obtenida, por lo que se quiere que este proceso sea más tecnificado para poder determinar de forma acertada la selección evitando malas recomendaciones que pueden llevar a pérdidas de material, tiempos perdidos del personal y lo más importante que el cliente se lleve una mala imagen de la empresa.

2. JUSTIFICACIÓN

Con la ejecución del dispositivo que se pretende diseñar se busca realizar la labor de limpieza, enrollado y embalado de forma mas ágil, segura y lo más importante que no genere gastos innecesarios, utilizando elementos tecnológicos que permitan la ejecución de las labores de forma semiautomatizada, evitando así el bajo rendimiento que puede llegar a tener un operario debido a desgaste físico u otros factores que llevan a ejecutar una tarea de forma inadecuada. Adicionalmente se evita el contacto directo del operario con el líquido desengrasante que con el tiempo puede llegar a provocar una enfermedad profesional ocasionando altos costos para la empresa en caso de darse. Otro beneficio es asegurar cien por ciento que las mallas queden totalmente destaponadas en sus aberturas lo cual actualmente no ocurre; reducir tiempos usados para estas labores y recursos como el desengrasante reciclándolo hasta sacar el mayor provecho y lo más importante entregar un producto bien presentado que cumpla su fin para tener un cliente satisfecho.

Por otra parte contar con equipos con la capacidad de entregar datos realmente necesarios para la selección de filtros, haciendo de esta selección un proceso más tecnificado ofreciendo productos acorde a las necesidades reales del cliente.

De igual manera, mejorar los procesos de empresas regionales o nacionales por medio del conocimiento adquiridos en el transcurso de la carrera.

Por último, el beneficio al desarrollar este tipo de proyectos es la adquisición de experiencia, colocando sus conocimientos a prueba en la industria, aprendiendo de personas que se encuentran en el medio.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un dispositivo capaz de limpiar las diferentes mallas fabricadas y realizar estudio de equipos necesarios para crear banco de pruebas para toma de medidas de variables involucradas en el proceso de filtración.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2.1. Limpieza de Mallas.

- Estandarizar el proceso de limpieza para elementos filtrantes en la empresa.
- Evitar el contacto directo del personal con elementos químicos de limpieza.
- Minimizar los tiempos de limpieza de las mallas.
- Aumentar la productividad de la empresa.
- Generar un mayor grado de confiabilidad en los clientes de la empresa como proveedor de filtros y medios filtrantes.
- Usar el método de ingeniería concurrente para realizar el desarrollo del proyecto.

3.2.2. Equipos.

- Asegurar la determinación del filtro y medio filtrante por medio de la toma de medidas.
- Definir las variables involucradas en el proceso de filtración.
- Definir los equipos necesarios para la medición de las variables.

4. ANTECEDENTES

Actualmente, existe una compañía estadounidense llamada **Camfil Farr** especializada en filtros de aire que posee un laboratorio móvil que prueba los diferentes filtros de aire y su eficiencia, a continuación se mostrara más a fondo el funcionamiento de este.

4.1. LABORATORIO MÓVIL DE PRUEBA DE FILTROS CAMFIL FARR

El laboratorio móvil de prueba de filtros permite mostrar cómo funcionan los filtros de aire en condiciones reales. Se pueden probar diferentes filtros simultáneamente en las mismas condiciones ambientales (% de humedad relativa, temperatura, caudal de aire, etc.) durante un largo periodo. Existen cuatro conductos distintos. Cada conducto está dotado de una sección de pre-filtrado, una sección de filtrado de alta eficacia y un ventilador de comando independiente. Los valores medidos en cada sección de filtración y a nivel de las entradas de aire, así como la temperatura y la humedad relativa, se consignan constantemente. Los valores consignados se pueden recuperar a distancia a través de un módem inalámbrico. El laboratorio se puede instalar en cualquier lugar y sólo requiere una conexión eléctrica. Se pueden probar cuatro combinaciones de filtros simultáneamente. El laboratorio se hace cargo de las medidas de partículas y de gas.¹

Figura 1. Laboratorio móvil de prueba de filtros Camfil Farr



Fuente: FILTRACIÓN, España, CAMFIL FARR, consultado 2 de Febrero de 2009, **Disponible en internet:** http://www.camfilfarr.com/cou_espana/filbertechnology/filbertesting/mobileLab.cfm

¹ FILTRACIÓN, España, CAMFIL FARR, consultado 2 de Febrero de 2009, **disponible en internet:** http://www.camfilfarr.com/cou_espana/filbertechnology/filbertesting/mobileLab.cfm

Actualmente, la empresa **INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA.** Realiza la limpieza, enrollado y embalado de forma manual, realizado por un operador que tarda tres horas aproximadamente en hacer estas operaciones, a continuación, se mostrará este proceso.

Como primera instancia se deben preparar los hilos dependiendo el tipo de malla que se va a fabricar, en la figura 2 se muestra los diferentes hilos usados para la tejedura de las mallas, estos hilos son en acero inoxidable serie 304.

Figura 2. Hilos para mallas



Ya con estos hilos enhebrados en el telar, este procede a tejerlo hasta obtener la malla, en la figura 3 se observa el telar con los hilos antes y después de ser tejidos.

Figura 3. Telar



En la figura 3 también podemos observar la suciedad de la malla, esto sin tener en cuenta que en sus aberturas no se puede notar a simple vista.

Seguido de este proceso se obtiene un rollo de malla de una longitud aproximada de 150m el cual queda enrollado en un tubo de 9cm de diámetro cómo se muestra en la figura 4.

Figura 4. Rollo salido del telar



Este rollo es bajado del telar para ser limpiado, enrollado y embalado de forma manual de la siguiente forma: el operario toma el inicio de la malla y lo lleva hasta el otro extremo de la mesa que se muestra en la figura 5 donde se hace un doblez por la ranura del eje de 5cm, en el que se enrollara por medio del giro de un moto reductor activado por medio de un pedal por el operario, en la figura 5 se muestra los elementos mencionados.

Figura 5. Mesa de trabajo



El operario debe estar atento que la malla no se doble para evitar averías, también debe estar presionando constantemente el pedal para hacer girar el eje y por consiguiente el rollo de malla, el operario actualmente usa un trapo impregnado de líquido desengrasante con el que limpia la superficie de la malla a medida que va enrollando, por eso debe estar en contacto directo con el líquido desengrasante que con el tiempo puede llegar a generar una enfermedad profesional y sin embargo no asegura la limpieza de la malla en toda su superficie y mucho menos en sus aberturas. Debido a la forma como se aplica el líquido desengrasante también se tiene un mayor consumo de este que no es aprovechado 100%.

En la industria actual existen varias empresas dedicadas al negocio de la filtración, sin embargo, la única empresa que fabrica mallas metálicas tejidas es **INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA.**

5. MARCO TEÓRICO

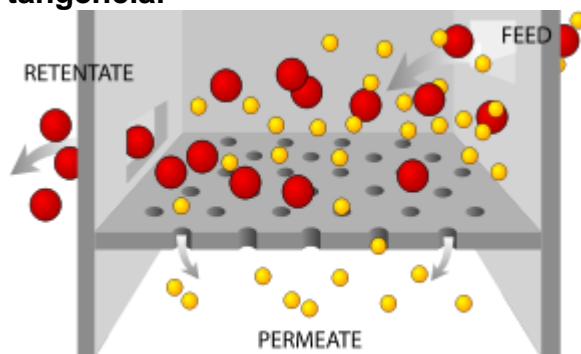
5.1. FILTRACIÓN

Según Perry y Robert H en su Manual del ingeniero químico 3ª edición, La filtración es una técnica de separación por la cual se hace pasar una mezcla sólida, líquida o gaseosa a través de un medio poroso o medio filtrante que forma parte de un dispositivo denominado filtro, donde se retiene la mayor parte de los elementos sólidos de la mezcla.

La aplicación de la filtración es muy extensa, lo encontramos en la actividad humana, tanto en la vida doméstica como de la industria general.

La clasificación de los procesos de filtración y los equipos es diversa y en general, las categorías de clasificación no se excluyen unas de otras.

Figura 6. Filtración tangencial



Fuente: Mariana Ruiz, Filtración procesos, Nueva York, LadyofHats 2007, Consultado 2 de Febrero de 2009, **Disponible en internet:** http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Filtration_diagram.svg

5.2. FILTRO

La variedad de dispositivos de filtración o filtros es tan extensa como las variedades de materiales porosos disponibles como medios filtrantes y las condiciones particulares de cada aplicación: desde sencillos dispositivos, como los filtros domésticos de café o los embudos de filtración para separaciones de laboratorio, hasta grandes sistemas complejos de elevada automatización como los empleados en las industrias petroquímicas o los sistemas de tratamiento de agua potable destinada al suministro urbano.

La variedad de tipos de medios porosos utilizados como medios filtrantes es muy diversa, en forma de telas y fibras tejidas, fieltros y fibras no tejidas, sólidos porosos o perforados, membranas poliméricas o sólidos particulados, a lo que se suma la gran variedad de materiales: fibras naturales, fibras sintéticas, materiales metálicos, materiales cerámicos y polímeros.²

5.3. SELECCIÓN DE FILTROS

A la hora de seleccionar un equipo de filtración, generalmente se requiere de un estudio de las especificaciones y objetivos del proceso igualmente de una evaluación de la capacidad y características del equipo de filtración en las que las consideraciones sobre el medio filtrante son importantes.

Los factores a considerar relativos del proceso que suelen citarse son:

- Condiciones del proceso (Que se va a filtrar líquidos, sólidos o gases)
- Parámetros de funcionamiento (presión, caudal, etc.).

Por su parte, los criterios del equipo de filtración a estudiar suelen ser:

- Tipo de ciclo: continuo o por lotes.

² Wordreference [en línea], Filtro, [consultado 2/17/09], Disponible en internet: <http://wordreference.com/definicion/filtro>

- Fuerza de impulsión.
- Caudales admisibles.
- Calidad de la separación.
- Fiabilidad y mantenimiento.
- Costo.

En la estimación de costos, con frecuencia se consideran:

- Costo de adquisición del equipo.
- Costes de instalación y puesta en marcha incluyendo acondicionamiento del fluido o tratamientos previos requeridos.
- Costos de operación: mano de obra, electricidad, consumo de fluidos auxiliares.
- Costo de mantenimiento: mano de obra de sustitución de medios filtrantes consumibles, piezas de recambio, tiempos de parada.
- Vida del equipo.
- Costo del medio filtrante consumible.

Habitualmente, las características del fluido a tratar tales como caudal y presión, contenido de sólidos y naturaleza, en especial granulométrica, propiedades químicas y temperatura son determinantes en la selección de un filtro.³

5.4. CONCEPTOS A TENER EN CUENTA

En el manual del ingeniero 2da edición, por Perry y Robert H, nos dan unas recomendaciones a la hora de seleccionar un filtro, a continuación se muestran estas recomendaciones o conceptos que se deben de tener en cuenta.

³ Perry, Robert H. Manual del Ingeniero Químico, 3ª ed., vol. 2, Mc Graw Hill, 1992, 197Pg

5.4.1. Presión.

En la mayoría de los casos, la compresibilidad de la torta de filtración se encuentra entre valores de 0,1Pa y 0,8Pa de manera que la mayor parte del aumento de la pérdida de carga del fluido es consecuencia del medio filtrante. En general, si el aumento de presión conlleva un aumento significativo del caudal o velocidad de filtración, es un indicio de la formación de una torta granulada. En cambio, para las tortas espesas o muy finas, un aumento de la presión de bombeo no resulta en un aumento significativo del caudal de filtrado. En otros casos, la torta se caracteriza por una presión crítica por encima de la cual, la velocidad de filtración incluso disminuye. En la práctica, se prefiere operar a una velocidad constante, empezando a baja presión, aunque por el empleo generalizado de sistemas de bombeo centrífugos, las condiciones habituales son de presión y caudal variables.

5.4.2. Torta de filtración.

La teoría señala que, considerando aparte las características del medio filtrante, el caudal promedio es inversamente proporcional a la cantidad de la torta y directamente proporcional al cuadrado del área filtrante. Como resultado de estas dos variables conjuntas, para una misma cantidad de fluido a filtrar se observará que su caudal es inversamente proporcional al cuadrado del espesor de la torta al final del proceso. Esta observación conlleva que la máxima productividad se alcanza teóricamente con aquellas tortas de espesor muy fino cuya resistencia supera a la del medio mismo filtrante. Sin embargo, otros factores como el tiempo para regenerar la torta, su dificultad de descarga y el coste de una superficie filtrante más amplia explica que en la práctica se prefiera trabajar en condiciones de tortas espesas.

5.4.3. Viscosidad y temperatura.

La velocidad de flujo de filtrado en cualquier instante es inversamente proporcional a la viscosidad de filtrado, siendo esto generado por la viscosidad.

El efecto de la temperatura sobre la velocidad de filtración de sólidos incompresibles es evidente, sobre todo, mediante su efecto sobre la viscosidad, al aumentar la temperatura la viscosidad disminuye.

5.4.4. Tamaño de partículas y concentración.

El efecto del tamaño de las partículas sobre la resistencia de la torta y la tela es muy notable. Incluso los cambios pequeños en el cambio de partículas afectan al coeficiente en la ecuación para la resistencia de la torta, y los cambios mayores afectan la compresibilidad.⁴

5.5. SENSORES

Los sensores son elementos indispensables a la hora de tomar medidas para determinar parámetros necesarios para realizar procesos, El Ing. Iván Escalona los define como elementos encargados de transformar variables físicas o químicas en señales eléctricas, resistivas, etc. Señales que podemos cuantificar y manipular.

Los sensores son clasificados según su tipo:

- **Pasivos:** los que requieren de un aporte de energía externa.
- **Activos:** los que son capaces de generar su propia energía.

Y según el tipo de señal que arroja:

- **Resistivos:** son los que transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de su resistencia eléctrica.
- **Capacitivos:** son los que transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de la capacidad de un condensador.
- **Inductivos:** son los que transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de la inductancia de una bobina.⁵

⁴ Perry, Robert H. Manual del Ingeniero Químico, 3ª ed., vol. 2, Mc Graw Hill, 1992, 214Pg

⁵ El prisma[En Línea], Sensores,[consultado 2/18/09], **Disponible en internet:** http://www.elprisma.com/aportes/ingenieria_industrial/transductoressensores/

5.6. ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO

Las señales de salida de los sensores generalmente son muy pequeñas, por lo que nos vemos en la tarea de acondicionar estas señales para poder tratarlas, generalmente se requiere de una amplificación para adaptar sus niveles a los del resto de los dispositivos.

Igualmente debemos acondicionar las señales de algunos sensores que no son lineales, por lo que hay que linealizar el sensor y compensar sus variaciones. Esta compensación puede ser por hardware o software.

5.7. ACCIONADORES Y PREACCIONADORES

Los accionadores son elementos acoplados a las maquinas que permiten su funcionamiento actuando sobre el elemento final del proceso.

Los accionadores se clasifican de la siguiente forma:

- **Accionadores eléctricos:** Usan la energía eléctrica, por ejemplo, electroválvulas, motores, resistencias, cabezas de soldadura, etc.
- **Accionadores neumáticos:** Usan la energía del aire comprimido, son por ejemplo, cilindros, válvulas, etc.
- **Accionadores hidráulicos:** Usan la energía de la presión del agua, se usan para controlar velocidades lentas pero precisas.

Los pre-Accionadores se usan para comandar y activar los Accionadores. Por ejemplo, contactores, switches, variadores de velocidad, distribuidores neumáticos, etc.

5.8. PLC

(Programmable Logic Controller) son dispositivos electrónicos muy usados en la automatización industrial, su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relé, Interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional. Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido. Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Función Block Diagrama) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí. En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolo que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.⁶

⁶Automationtraining [En línea], PLC,[consultado 2/20/09], **Disponible en internet:** <http://www.automationtraining.ca/siemens-S7-300-course.asp>,

Figura 7. PLC Siemens S7-300



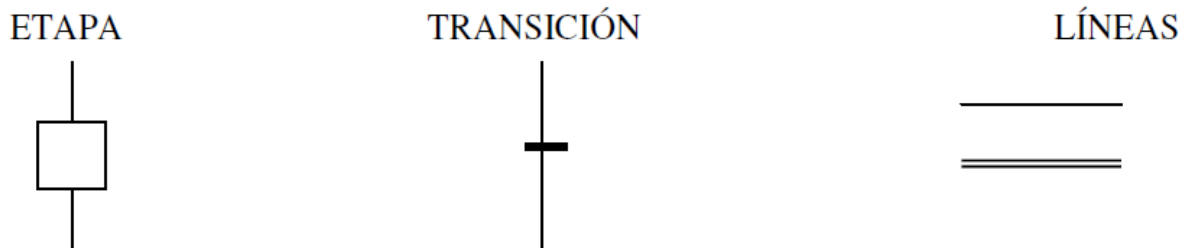
Fuente: Siemens S7-300. Automation Training. Disponible en Internet:
<http://www.automationtraining.ca/siemens-S7-300-course.asp>

5.9. GRAFCET

El GRAFCET es un método gráfico que permite representar los automatismos secuenciales describiendo gráficamente la evolución del automatismo y los diferentes comportamientos de este.

El GRAFCET utiliza una simbología normalizada para representar las etapas, las transiciones y las líneas que las unen:

Figura 8. Simbología GRAFCET



Fuente: Introducción al GRAFCET, [consultado 2/22/09], **Disponible en internet:**
<http://formacion.plcmadrid.es/descargas/docs/Grafcet0.pdf>

6. METODOLOGÍA

El método que se uso para el desarrollo de este proyecto es el de Ingeniería concurrente, a continuación se mostrará los pasos de esta metodología, sin embargo el desarrollo ira hasta la fase de diseño detallado construyendo prototipos virtuales que ayudaran a plantear mejor el diseño final.

6.1. PLANEACIÓN DEL PROYECTO

En esta etapa se identificaran diferentes oportunidades del proyecto. Articula la oportunidad de mercado y define el segmento, en el diseño considera la plataforma del producto y la arquitectura, y se evalúan nuevas tecnologías, en la producción se identifican las restricciones de producción y se establece la cadena de suministro. Después de seleccionado el proyecto se escribe el anteproyecto.

6.2. DESARROLLO CONCEPTUAL

Utilizando la metodología de diseño concurrente se realiza la identificación de las necesidades del cliente y expectativas del proyecto, los principales usuarios y productos de la competencia, en diseño se investiga la factibilidad de los conceptos, se desarrolla el diseño industrial y se construyen prototipos de prueba, además se estiman los costos de manufactura y se evalúa la factibilidad de la producción.

6.3. DISEÑO A NIVEL DE SISTEMA

Ya teniendo claras las características del diseño se procede a generar diferentes conceptos usando para ello una tabla morfológica y seleccionando el mejor concepto aplicando filtros de selección y prueba de conceptos.

6.4. DISEÑO DETALLADO

Esta es la etapa de diseño arquitectural del diseño, aquí se realiza el diseño del sistema en forma detallada definiendo los componentes, estableciendo la forma externa del producto teniendo en cuenta el diseño industrial, se seleccionan los

materiales y componentes y se define el proceso de producción de partes y piezas.

6.5. PRUEBA Y REFINAMIENTO

Se diseña el plan de promoción y materiales de lanzamiento, en diseño se realizan de fiabilidad, tiempo de vida desempeño y se obtienen las aprobaciones regulatorias, se implementan los cambios en el diseño; en la producción se refina el proceso de producción y ensamble y se refina el proceso de aseguramiento de calidad.

7. DESARROLLO.

Figura 9. Fase de desarrollo

Fases de desarrollo



Fuente: Ingeniero, Méndez, Arnaldo, Ingeniería Concurrente, Universidad Autónoma de Occidente

8. DESARROLLO CONCEPTUAL.

En esta etapa se desarrolla el análisis funcional del producto identificando sus funciones y subfunciones principales, se evalúan los conceptos seleccionados y adicionalmente se realizan algunos cálculos de ingeniería necesarios para el desarrollo de éstos conceptos.

Figura 10. Proceso de desarrollo



Fuente: Ingeniero, Méndez, Arnaldo, Ingeniería Concurrente, Universidad Autónoma de Occidente

8.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES

La identificación de necesidades se obtiene a partir de los requerimientos o planteamientos del cliente acerca del producto o proyecto a desarrollar, convirtiéndose en un paso primordial para iniciar con el mismo, a partir de estos planeamientos se obtiene una idea clara de lo que el cliente en realidad desea, aclarando dudas al respecto, de esta forma llegar a obtener un desarrollo exitoso y satisfactorio para el cliente. A continuación se mostrara las necesidades planteadas por la empresa **INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA.** De igual manera se adicionaran necesidades que se creen convenientes para el buen desarrollo del proyecto.

Tabla 1. Identificación de necesidades para dispositivo de limpieza

	PLANTEAMIENTOS DE LOS CLIENTES	IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES
1	“El dispositivo debe proteger al operador contra posibles accidentes con partes móviles del sistema”	El dispositivo presenta protección para evitar posibles accidentes con los actuadores.
2	“Necesitamos limpiar las mallas en el menor tiempo posible”	El dispositivo realizará su labor de forma ágil.
3	“Se quiere que limpie toda la malla tanto su exterior como en sus aberturas”	El dispositivo limpiará la malla en toda su expresión.
4	“El dispositivo debe contar con alarmas en caso de cualquier fallo”	El dispositivo tendrá alarmas en caso de cualquier fallo.
5	“El dispositivo debe tener una buena apariencia”	El dispositivo tendrá buena apariencia.
6	“El dispositivo será usado por personas de altura promedio”	El dispositivo tendrá medidas para que un operario de altura promedio pueda operarlo cómodamente.
7	“Queremos que la maquina sea fácil de mover y ubicar en cualquier parte”	El dispositivo será fácil de transportar y lo mas modular posible.
8	“El mantenimiento del dispositivo debe ser fácil”	El mantenimiento del dispositivo será de forma sencilla.
9	“El material del dispositivo debe soportar ambientes con condiciones diferentes”.	El dispositivo está diseñado para soportar ambientes industriales.
10	“El dispositivo no debería ser tan costoso”.	El dispositivo será económico para la tecnología que tendrá.
11	“El dispositivo debería interactuar con el operario”	El dispositivo presenta una interfaz amigable con el operador.
12	“Necesitamos tener un manual de funcionamiento”	El dispositivo tendrá un manual de funcionamiento.

Tabla 2. Identificación de necesidades para selección de equipos

	PLANTEAMIENTOS DE LOS CLIENTES	IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES
1	“Los equipos deben suplir realmente las necesidades de nosotros, para determinar variables importantes en la selección de filtros ”	Los equipos seleccionados para el laboratorio cumplirán con las necesidades requeridas por la empresa.
2	“Para la selección de equipos también se debe tener en cuenta su precio”	Los equipos tendrán un estudio de precio vs beneficio.
3	“Los equipos deben contar con comunicación hacia un PC si así se requiere”	Los equipos contarán con comunicación hacia un PC si llegase a ser necesario.
4	“Los equipos deben tener un estudio de fiabilidad, rangos de operación, resolución etc.”	Se realizará un estudio de todos los aspectos relacionados con el funcionamiento de los equipos.

Tabla 3. Prioridad de los requerimientos de dispositivo para limpieza de mallas

REQUERIMIENTO	IMPORTANCIA
El dispositivo presenta protección para evitar posibles accidentes con los actuadores.	5
El dispositivo realizará su labor de forma ágil.	4
El dispositivo limpiará la malla en toda su expresión.	5
El dispositivo tendrá alarmas en caso de cualquier fallo.	4
El dispositivo evitará averías en las mallas en todo momento.	5
El dispositivo tendrá buena apariencia.	2
El dispositivo tendrá medidas para que un operario de altura promedio pueda operarlo cómodamente.	4
El dispositivo será fácil de transportar y lo mas modular posible.	4
El mantenimiento del dispositivo será de forma sencilla.	3
El dispositivo está diseñado para soportar ambientes industriales.	2
El dispositivo es económico para la tecnología que tendrá.	2
El dispositivo presenta una interfaz amigable con el operador.	3
El dispositivo tendrá un manual de funcionamiento.	4

Tabla 4. Prioridad de los requerimientos para la selección de equipos

REQUERIMIENTO	IMPORTANCIA
Los equipos seleccionados para el laboratorio cumplirán con las necesidades requeridas por la empresa.	5
Los equipos tendrán un estudio de precio vs beneficio.	5
Los equipos contarán con comunicación hacia un PC si llegase a ser necesario.	2
Se realizará un estudio de todos los aspectos relacionados con el funcionamiento de los equipos.	5

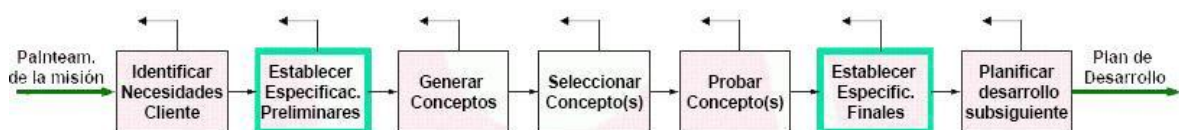
Se utilizó un ranking del 1 al 5, donde el 5 indica la mayor prioridad y el 1 la menor.

8.2. MÉTRICAS

A continuación, se relacionan las necesidades del cliente con el fin de encontrar ciertos parámetros que sirvan como cuantificadores de dichos requerimientos, los cuales servirán de guía para el desarrollo del sistema.

8.2.1. Especificaciones preliminares

Figura 11. Ubicación especificaciones preliminares



Fuente: Ingeniero, Méndez, Arnaldo, Ingeniería Concurrente, Universidad Autónoma de Occidente

Tabla 5. Especificaciones técnicas preliminares dispositivo para limpieza de mallas

#	NECESIDAD	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	IMP	UNIDADES
1	1,5,6	Normas de seguridad industrial	5	lista
2	2,3,4,6,13	Eficiencia	5	%
3	2,5,6,13	Tipo de control	4	lista
4	6,7,11	Tipo de Material	3	lista
5		Compatibilidad	4	lista
6	7,8	Ergonomía	3	subjetivo
7	7,9,10	Dimensiones	4	cm
8	9,10	Cantidad de piezas	3	# de piezas
9	9	Peso	2	Kg
10	9,10	Tiempo de instalación y ajuste	3	minutos
11	12	Costos de manufactura	3	\$

Tabla 6. Especificaciones técnicas preliminares selección de equipos

#	NECESIDAD	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	IMP	UNIDADES
1	1,4	Normas de seguridad industrial	5	lista
2	1,2,4	Eficiencia	5	%
3	4	Tipo de control	4	lista
4	1,4	Tipo de Material	3	lista
5	1,4	Compatibilidad	4	lista
6	1,4	Ergonomía	3	subjetivo
7	1,4	Dimensiones	4	cm
8	4	Cantidad de piezas	3	# de piezas
9	4	Peso	2	Kg
10	4	Tiempo de instalación y ajuste	3	minutos
11	2,4	Costos de manufactura	3	\$
12	1,3,4	Transmisión de datos	5	Lista

8.4. CLARIFICACIÓN DEL PROBLEMA

8.4.1. Descripción del producto

- Dispositivo para limpieza de mallas.

8.4.2. Necesidades

- Limpiar las mallas salidas del telar.
- Hacer más eficiente y eficaz la limpieza de la malla.
- Realizar limpieza de las mallas de forma automática.

8.4.3. Especificaciones

- Permitir el corte de la malla a 30 metros de largo.
- Permitir la inspección de la malla cada 3 metros.
- Indicar cuándo limpio los 30 metros de largo.
- Enrollar la malla en la parte exterior de un tubo de diámetro de 6 centímetros.
- Permitir al operario tener un espacio prudente para la inspección de la malla.

Estas especificaciones plateadas ya se realizan en la empresa más no de forma eficiente ni eficaz, lo que se pretende es realizar este proceso asegurando la limpieza 100% de la malla y haciendo de esta y el enrollado y embalado más ágil para obtener beneficios económicos, prácticos y de salud ocupacional del operario.

9. DESCOMPOSICIÓN DEL PROBLEMA EN SUBPROBLEMAS

9.1. DIAGRAMA DE CAJA NEGRA

El diagrama de caja negra nos plantea el sistema de forma general, es decir, sin tener en cuenta el comportamiento interno del sistema. De acuerdo a la metodología se identifican las entradas y salidas que se generan en el sistema, para posteriormente analizarlo internamente mediante la descomposición funcional.

A continuación, veremos el diagrama de caja negra del dispositivo que se planteó en el problema. La parte de selección de equipos no requiere de este tipo de análisis sin embargo veremos más adelante el desarrollo de este.

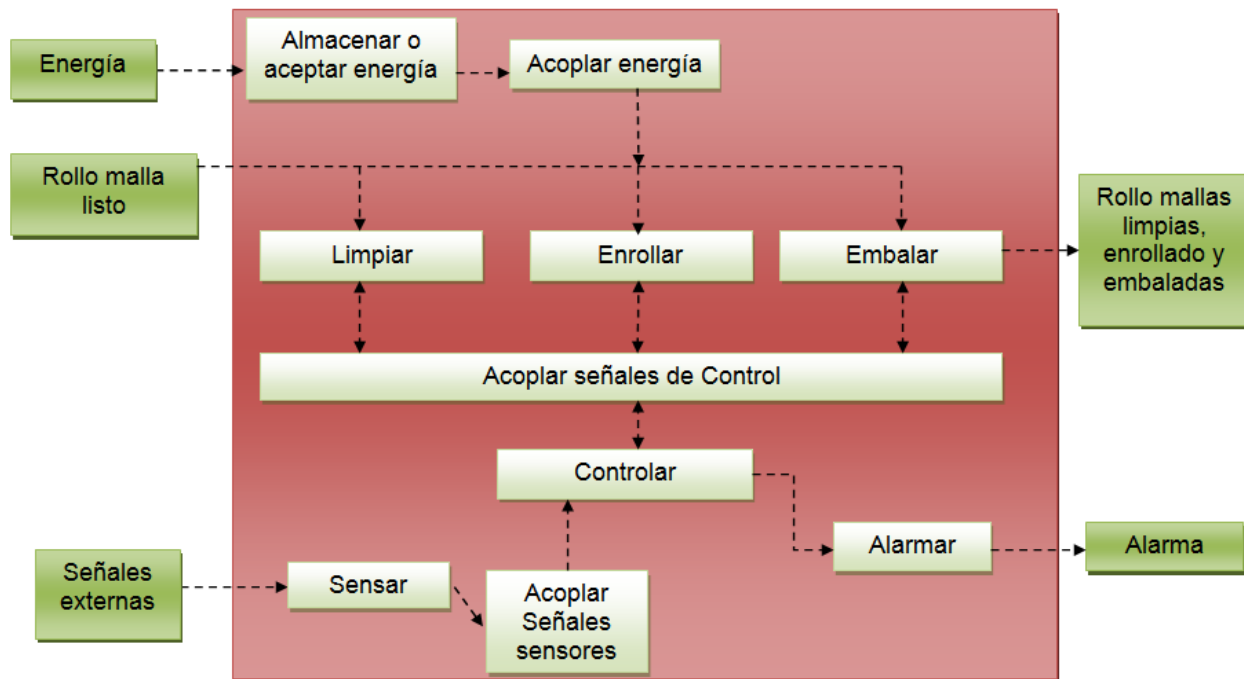
Figura 14. Caja negra limpieza de mallas



9.2. DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL

En la descomposición funcional se detalla el interior de nuestro dispositivo teniendo en cuenta subsistemas de procesos que, con respecto a las necesidades del cliente y conocimientos obtenidos, sabemos que debemos realizar.

Figura 15. Descomposición funcional limpieza de filtros



10. BÚSQUEDA EXTERNA

10.1. BÚSQUEDA EXTERNA PARA LIMPIEZA DE MALLAS

Para la limpieza de los rollos de malla se encontró un sistema muy utilizado, no solo para mallas, sino también para bloques de motores y en especial en limpieza de lugares de difícil acceso; esto es logrado por medio de ultrasonido, que consiste en un recipiente metálico conteniendo en su interior algún líquido y con emisores de frecuencia que alcanzan el ultrasonido; estos emisores generan una vibración en el líquido que permite la remoción de cualquier elemento ajeno a las mallas.⁷

10.2. BÚSQUEDA EXTERNA PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS

La búsqueda externa para la selección de dispositivos necesarios para la medición de diferentes variables de filtración, se ha hecho en la internet, llamada a diferentes laboratorios, preguntas a personal de diferentes empresas de la forma como ellos miden estas variables y los dispositivos que usan.

10.3. BÚSQUEDA INTERNA

10.3.1. Búsqueda interna para limpieza de mallas.

En la búsqueda interna para la limpieza de mallas se tuvieron varias sugerencias.

- Limpieza.
- Enrollado.
- Embalado.

⁷ Plagas y desinfección, Ultrasonido, Consultado[16/08/09], Disponible en internet:
<http://www.plagasydesinfeccion.com/limpieza/limpieza-por-ultrasonido.html>

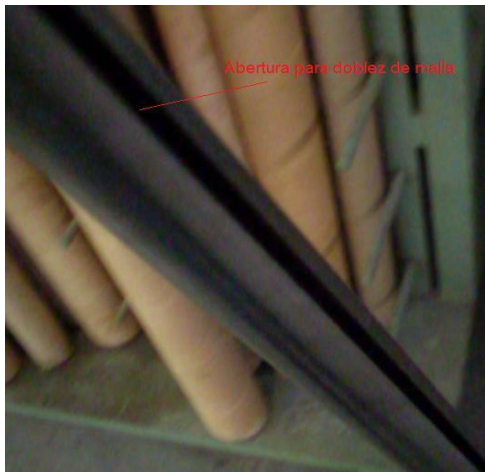
10.3.2. La recomendación para la limpieza

Uno de los operarios de la planta que lleva vinculado varios años a la empresa, sugirió que la limpieza de la malla fuera con algún método de presión, ya sea de agua o algún desengrasante, el operario manifestó que la mayoría de los métodos que conocía en el proceso de limpieza limpiaban la parte exterior de la malla, mas no permitía la limpieza de la malla en sus aberturas o en su interior.

10.3.3. La recomendación para el enrollado

Actualmente para el enrollado de la malla se usa un tubo o eje con una abertura, como se muestra en la figura 16, donde se le realiza un doblez a la malla con el fin de enganchar esta al eje y posteriormente iniciar el proceso de enrollado rotando el eje.

Figura 16. Eje para el enrollado



Otro punto importante para el enrollado de la malla es hacer el rollo de tal forma que ninguna punta se salga y no queden dobleces o arrugas que dañen la malla; Para esto la empresa utiliza un sistema en el cual un pistón empuja la malla en sus extremos horizontales para evitar que alguna punta se salga, en la figura 17 se muestra el sistema.

Figura 17. Sistema para evitar puntas salidas



Igualmente se tendrá en cuenta dispositivos usador para en enrollado que actualmente se usan en la industria como el enrollado de papel, los cuales usan guías y tensores para obtener al final del recorrido la llegada del papel siempre en una misma línea.

10.3.3.4. La recomendación para el embalado.

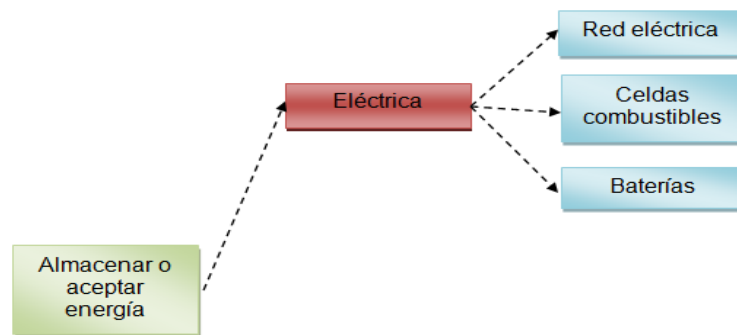
- Usar stretch (Película de alto desempeño fabricada a base de polietileno de baja densidad. Sus características son muy especiales, tiene alta transparencia, alto límite elástico, apto para cualquier ambiente y clima) para embalar los rollos de malla.

11. GENERACIÓN DE CONCEPTOS

A continuación, se muestra los conceptos generados a partir de las sub-funciones que se desglosaron anteriormente en la figura 15.

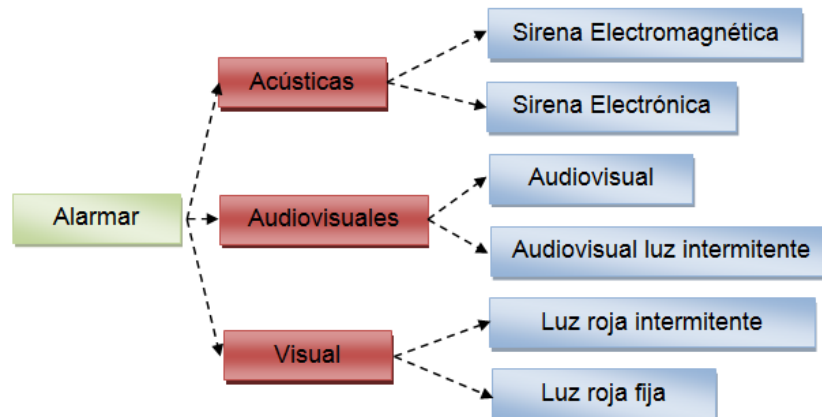
Almacenar o aceptar energía: Esta subfunción es la encargada de definir qué tipo de energía se usara para el funcionamiento de nuestro dispositivo.

Figura 18. Generación para almacenar



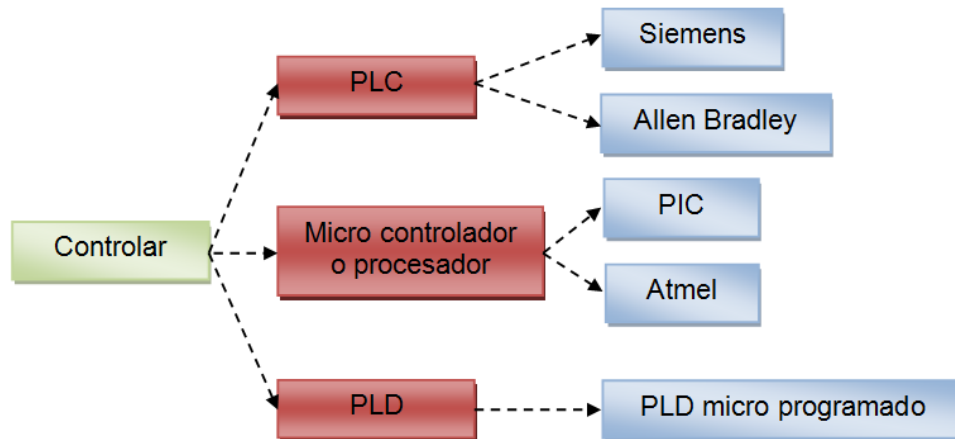
Alarmar: Esta subfunción es la encargada de alertar al operario en caso de alguna falla en el dispositivo. A continuación se definirá como se mostraran las alarmas.

Figura 19. Generación para alarmar



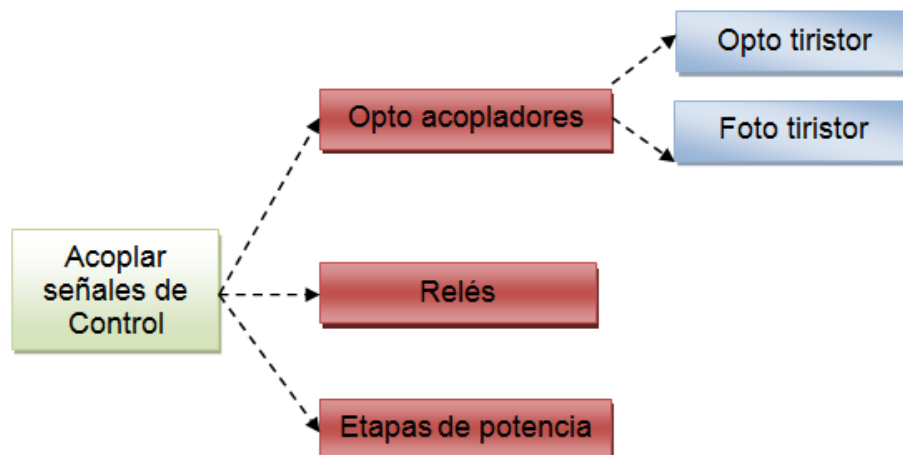
Controlar: Está sub-función es la encargada de manejar todos los datos provenientes de los sensores y el operario si es el caso, para así manipular los actuadores y llevar a cabo la tarea que debe realizar.

Figura 20. Generación para controlar



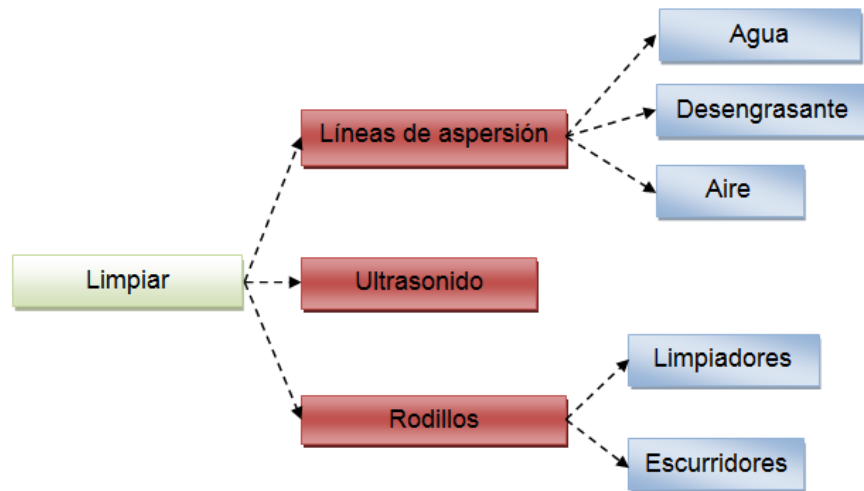
Acoplar señales de control: Este sub-sistema es el encargado de acoplar las salidas de nuestro controlador, de esta forma activando nuestros actuadores, puesto que la potencia requerida por estos no puede ser alcanzada por el subsistema controlador debido a que estas señales son de control y manejan bajas potencias.

Figura 21 Generación para acoplar señal de control



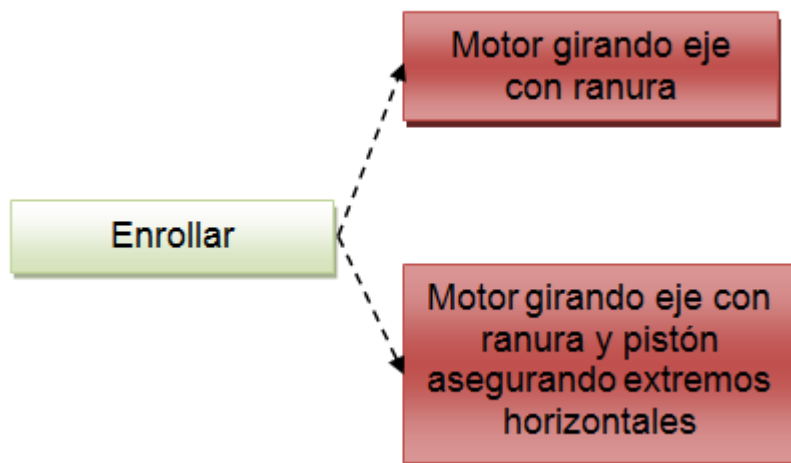
Limpiar: Esta sub-función es la encargada de determinar cómo se van a limpiar los rollos de mallas.

Figura 22. Generación para limpiar



Enrollar: Esta sub-función se encarga de definir la manera como se enrollara la malla.

Figura 23. Generación para enrollar

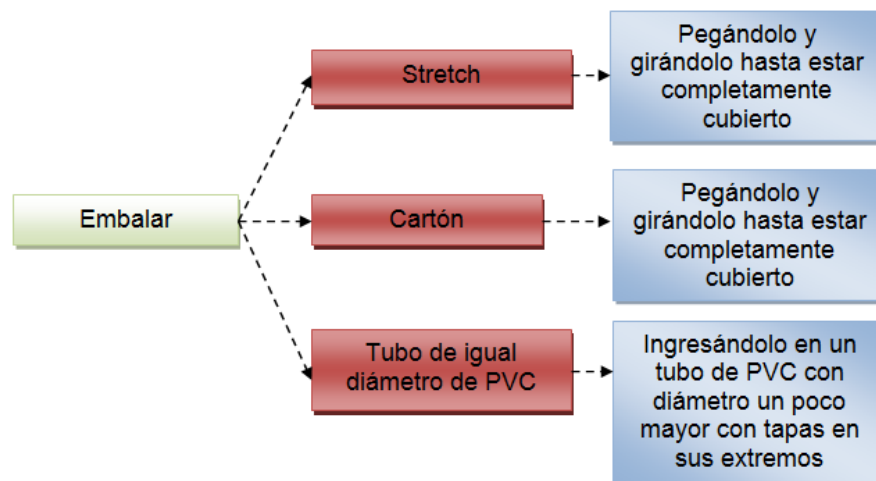


Como se explico anteriormente actualmente para él enrollado de la malla se usa un tubo o eje con una abertura, como se muestra en la figura 16, donde se le realiza un doblez a la malla con el fin de enganchar esta al eje y posterior mente iniciar el proceso de enrollado rotando el eje, el concepto motor girando eje con ranura corresponde a esta explicación.

Por otra parte el concepto motor girando eje con ranura y pistón asegurando extremos horizontales corresponde a una mezcla entre el concepto anterior explicado y la solución dada por la empresa para evitar puntas salidas explicada a continuación; La empresa utiliza un sistema en el cual un pistón empuja la malla en sus extremos horizontales para evitar que alguna punta se salga, en la figura 17 se muestra el sistema

Embalar: Esta sub-función es la encargada de determinar con qué tipo de material y como se va a embalar la malla ya enrollada.

Figura 24. Generación para embalar



Rollo malla listo: Este punto a pesar de no ser parte de un subsistema del dispositivo se debe de tener en cuenta los siguientes parámetros para entrar a diseñar la parte del dispositivo encargado de soportar el rollo de malla salido del telar.

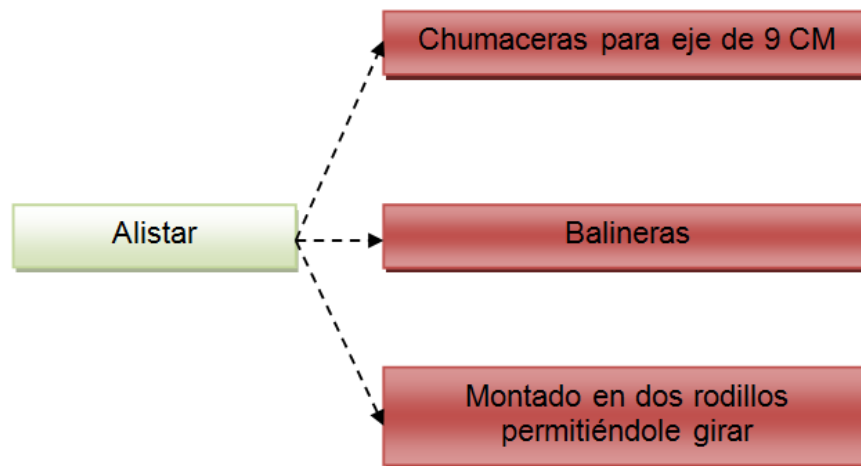
Parámetros: Los diferentes rollos salidos del telar tienen un peso de +/- 400kg con un diámetro exterior promedio de 44 Centímetros e interior en 9 Centímetros y un ancho de 1.24 Metros; en la figura 18 se muestran tres rollos salidos del telar y listo para ser ingresados en el dispositivo.

Figura 25. Rollos salidos de telar



A partir de esto se deben generar los conceptos pertinentes.

Figura 26. Generación para alistar



Montar en dos rodillos permiten girar: este concepto consiste en permitir que el eje sea montado en dos rodamientos independientes de forma axial.

Sensar: Esta sub-función es la encargada de sensar las diferentes variables en el proceso de limpieza, enrollado y embalado, por lo que antes que nada debemos definir que variables se requieren sensar en cada uno de los procesos para ya después entrar a definir qué tipo de sensores se deben usar.

Acoplar señales sensores: Esta sub-función es encargada de acoplar las señales entregadas por los sensores de tal forma que puedan ser manipuladas por la sub-función Controlar y al igual que sensar se debe de definir primero el tipo de sensor que se va a utilizar para cada proceso y el controlador.

Acoplar energía: Esta sub-función se encarga de acoplar la energía proveniente de la sub-función Almacenar o aceptar energía distribuyendo esta a cada uno de los elementos que requieran energía para su funcionamiento, siendo así primero debemos definir el tipo de energía que se va a usar para poder definir de qué manera se debe acoplar.

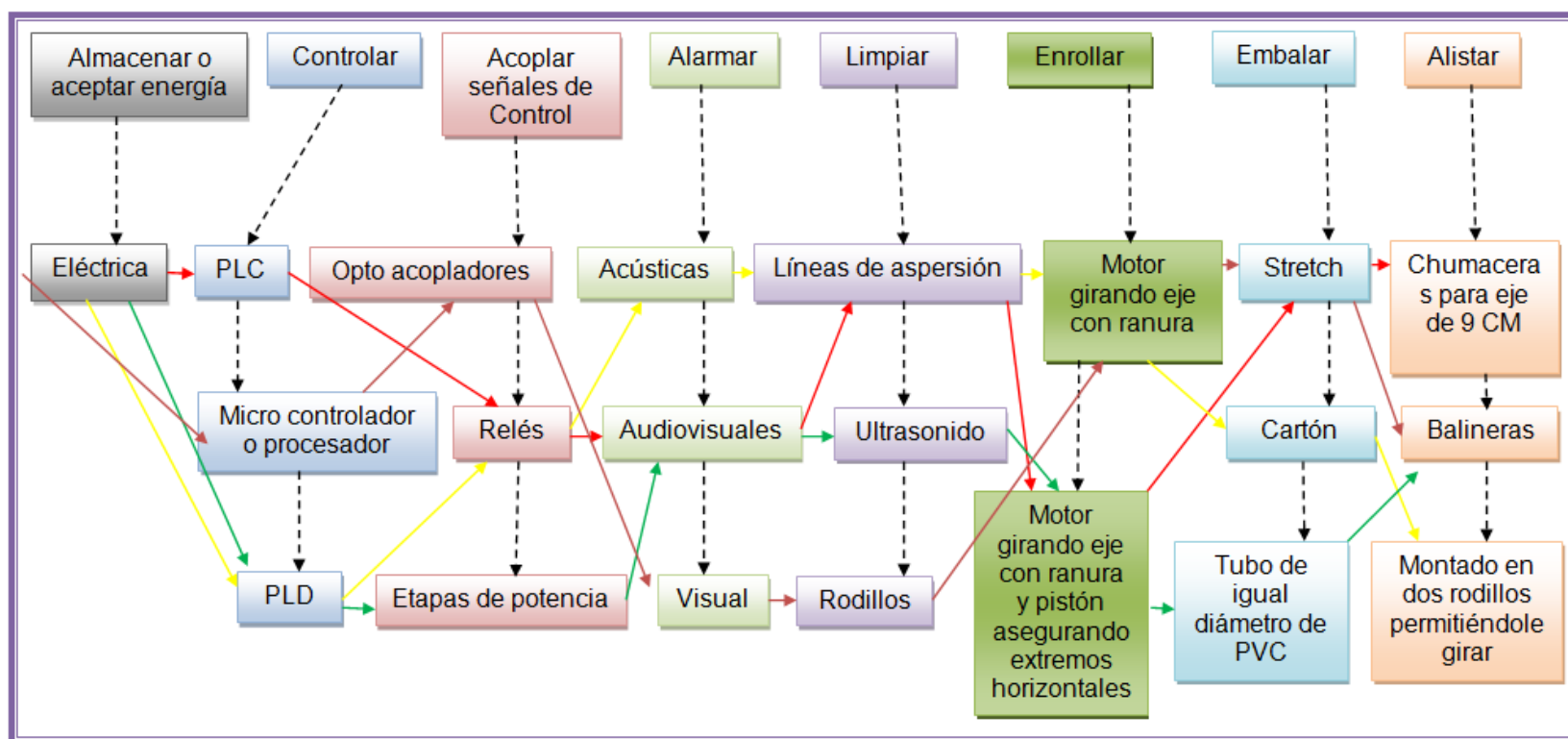
11.1. TABLA DE COMBINACIONES DE CONCEPTOS

La tabla de combinaciones de conceptos me permite identificar las posibles combinaciones de soluciones para las subfunciones, así obteniendo una solución completa para el problema.

Estas combinaciones pueden ser combinadas para llegar a la solución del problema, más no todas las combinaciones pueden ser una solución para el problema.

Para este problema se generarán 4 cuatro combinaciones A, B, C y D.

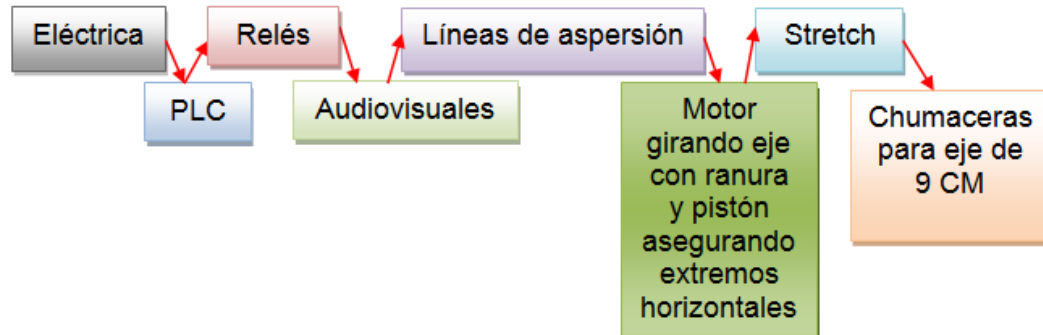
Figura 27. Tabla de combinaciones



A continuación, se describirá como quedaron las combinaciones.

11.1.1. Combinación A

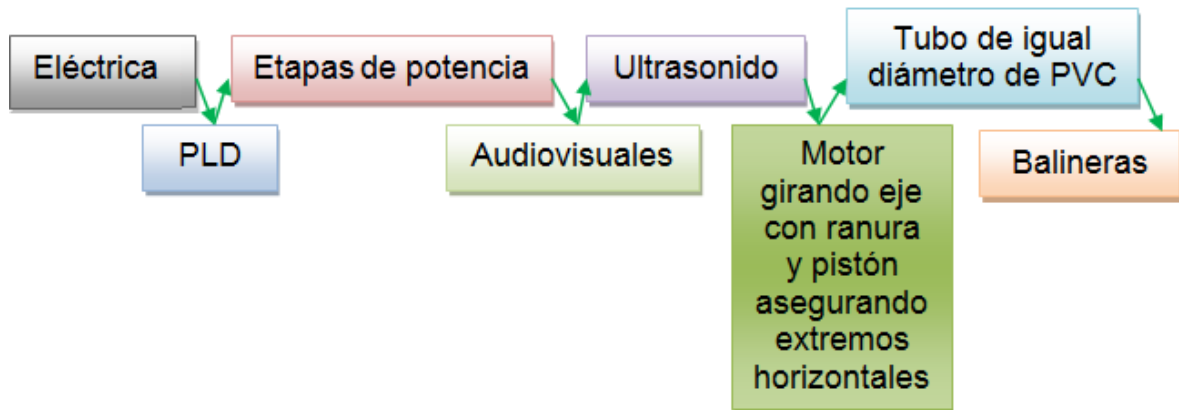
Figura 28. Combinación A



Esta combinación utiliza la energía eléctrica que es encargada de alimentar todos los sistemas que requieran de energía para su funcionamiento, el dispositivo será controlado por un PLC que controlara todos los actuadores a partir de las señales emitidas por los sensores y condiciones dadas por el operario, las salidas del controlador serán acopladas por un relé el cual a partir de la señal de control del PLC activará los diferentes actuadores, igualmente el controlador deberá de enviar señales de control cuando haya una alarma en el dispositivo, esta alarma se realizara de forma audiovisual, la malla se limpiara con líneas de aspersión las cuales por medio de aspersores fumigaran la malla quitando cualquier clase de impureza, un motor girando un eje con una ranura para asegurar la malla y un pistón empujando los extremos de la malla nos ayudara para enrollar la malla de tal forma que no genere arugas ni puntas salidas, se usara stretch para embalarla y una chumacera con eje de 9 cm a lado y lado para alistar la malla para el proceso de limpiado y enrollado.

11.1.2. Combinación B

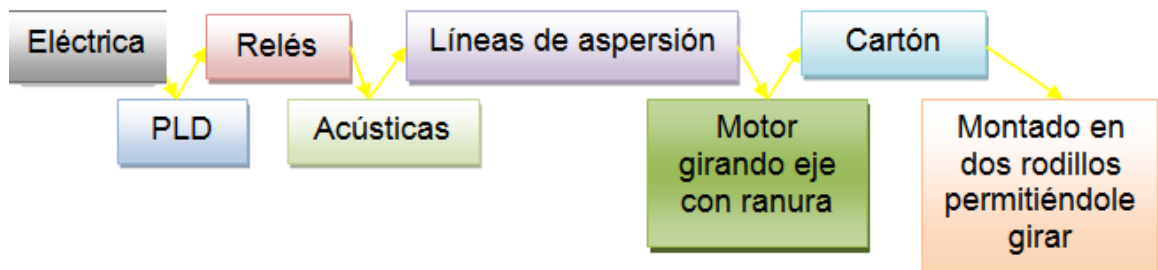
Figura 29. Combinación B



La combinación B consta de una alimentación de los elementos que requieran energía por medio de energía eléctrica, cuenta con un PLD para controlar los actuadores y alarmas, las salidas del controlador serán acopladas por etapas de potencia para poder accionar los actuadores con estas señales, las alarmas se darán de forma audiovisual, las mallas serán limpiadas por el método de ultrasonido, un motor girando un eje con ranura y un pistón asegurando los extremos horizontales se encargaran de enrollar perfectamente la mallas que seguidamente será embalada en un tubo de PVC de igual diámetro, por ultimo para el alistamiento de la malla se usaran balineras.

11.1.3. Combinación C

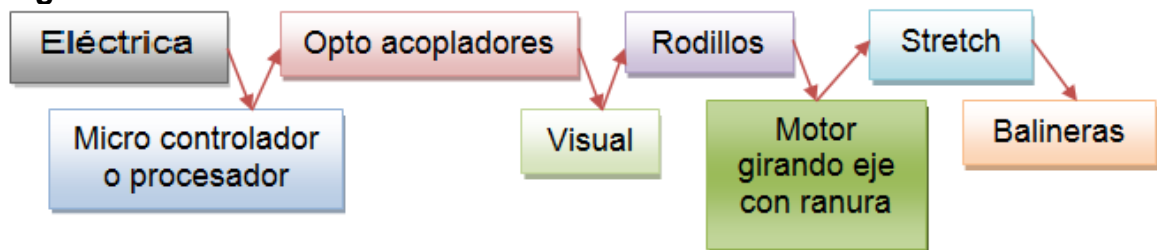
Figura 30. Combinación C



Esta combinación tomara su energía de la red eléctrica, su control estará comandado por un PLD que tiene la función de controlar como su nombre lo indica todos los actuadores y alarmas a partir de los sensores y parámetros de el operario, las señales de control que emite en un momento dado no llegan a ser lo suficientemente potentes para activar algunos actuadores, por lo que utilizará relés para esta labor, las alarmas serán acústicas y la limpieza se realizara con líneas de aspersión para después enrollarlo con un motos girando un eje con ranura, la embalada se dará con cartón y su alistamiento montando el rollo de malla salido del telas en dos rodillos que le permiten girar.

11.1.4. Combinación D

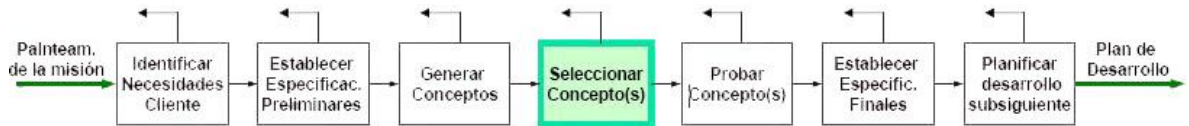
Figura 31. Combinación D



En esta combinación se tiene una obtención de energía a partir de la red eléctrica, su control es comandado por un micro controlador y tendrá opto acopladores como accionador de los actuadores, las alarmas se realizaran de forma visual por medio de luces, su limpieza será realizada con rodillos y para su enrollada se usara un motor girando un eje con ranura, se embalara con stretch y tendrá balineras como rodamientos.

12. SELECCIÓN DE CONCEPTOS

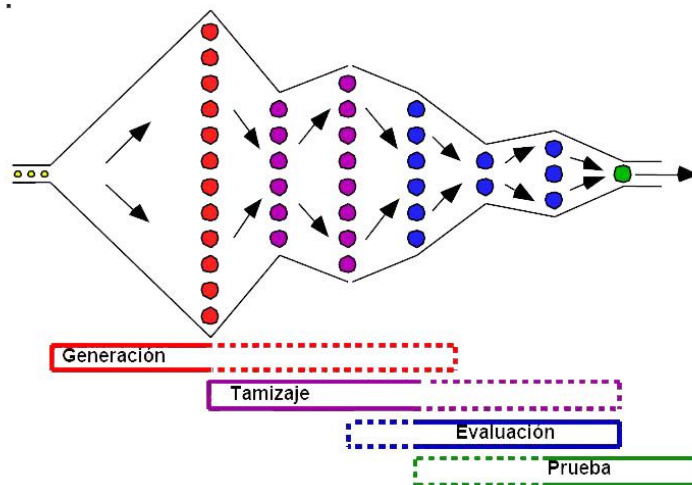
Figura 32. Ubicación selección de conceptos



Fuente: Ingeniero, Méndez, Arnaldo, Ingeniería Concurrente, Universidad Autónoma de Occidente

En esta etapa de diseño se pretende seleccionar la mejor de las combinaciones anteriormente planteadas, tamizando todas las combinaciones, calificando cada una de estas teniendo en cuenta criterios de los clientes, expertos, preferencias personales, intuición, pros, contras, etc. Que nos pueda llevar a una buena selección.

Figura 33. Embudo de la selección de conceptos



Fuente: Ingeniero, Méndez, Arnaldo, Ingeniería Concurrente, Universidad Autónoma de Occidente

12.1. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SELECCIÓN

- Seguridad.
- Rapidez.
- Interfaz amigable con el usuario.
- Eficiencia.
- Mantenimiento.
- Económico.
- Modular.

12.2. MATRIZ DE TAMIZAJE DE CONCEPTOS

Esta matriz se usa como filtro como se puede apreciar en la figura 33, para continuar con aquellos conceptos que cumple o son los más apropiados para nuestro proceso de diseño. Dicho filtro se genera relacionando los conceptos generados con los criterios de selección y asignándole una calificación de, igual que (0), mejor que (+) y peor que (-). Para este caso y teniendo en cuenta que no se encontró ningún dispositivo diseñado para este fin se tomara como referencia los conceptos generados para combinación C.

Tabla 7. Comparación de conceptos

		Variantes de conceptos			
Criterio de Selección		A	B	C	D
Seguro		+	0	0	0
Rapidez		0	0	0	0
Facilidad de programación		+	-	0	+
Eficiencia		+	0	0	0
Mantenimiento		0	-	0	-
Económico		+	-	0	+
Modular		+	0	0	0
	Positivos	6	0	0	2
	Iguales	2	4	7	4
	Negativos	0	3	0	1
	Total	4	-3	0	1
	Orden	1	4	3	2
	¿Continuar?	Si	No	No	Si

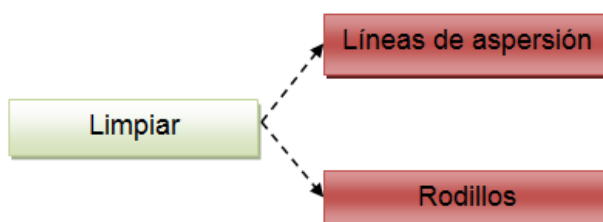
Como se menciona se tuvo como referencia la combinación C por lo que se compara este respecto a las otras combinaciones por ejemplo en la combinación A es más segura que la B, C, D debido a que la combinación A tiene como dispositivo de control un PLC siendo este diseñado para trabajar en ambientes industriales mientras un PLC, micro no son propicios para estos ambientes, debido a que el ruido de motores y teniendo en cuenta que el ambiente donde va a trabajar el dispositivo pueden afectar estos controladores.

Tabla 8. Matriz para evaluar conceptos

		Variantes de conceptos			
		A		D	
Criterio de Selección	% Ponderación	Nota	Criterio Ponderado	Nota	Criterio Ponderado
Seguro	10%	5	0.5	4	0.4
Rapidez	20%	4	1.6	3	1.2
Interfaz amigable con el usuario	5%	3	0.24	5	0.4
Eficiencia	25%	4	1.2	3	0.4
Mantenimiento	10%	3	0.3	3	0.3
Económico	10%	3	0.3	2	0.2
Modular	20%	4	0.8	2	0.4
Total		4.94		3.3	
Orden		1		2	
¿Continuar?		Desarrollar		No	

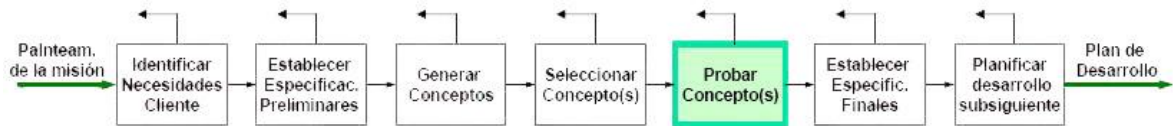
De acuerdo a la matriz de evaluación la combinación A es la más indicada para el desarrollo del proyecto, sin embargo se cree conveniente generar una combinación en una de las sub-funciones como es el caso de la limpieza, la combinación A utiliza un método que se llamo líneas de aspersión, el concepto D utiliza rodillos para esta labor siendo este también un buen método que al combinarlo con nuestra combinación A podría llegar a un mejor resultado para la limpieza sin llegar a alterar nuestros criterios de selección.

Figura 34. Combinación para limpieza



13. PRUEBA DE CONCEPTOS

Figura 35. Ubicación prueba de conceptos

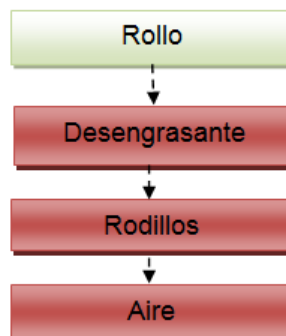


Para poner a prueba la combinación A que fue seleccionada como la más indicada para el desarrollo del proyecto se realizaron las siguientes pruebas:

➤ **En cuanto la limpieza de la malla:**

Se tomaron varios retazos de malla salida del telar y se observó en un microscopio el taponamiento y suciedad de estas, seguidamente se le realizó aspersión con aire y limpieza con un cepillo para dientes impregnado de desengrasante, después de realizado todo este proceso se verificó nuevamente en el microscopio y el resultado fue satisfactorio, las impurezas en sus aberturas fueron removidas por el aire comprimido y las impurezas en su exterior por el cepillo de dientes, de esta forma para la limpieza de la malla se cree conveniente usar líneas de aspersión de desengrasante y aire en este orden así certificando que la malla quedara completamente limpia; en cuanto a la ubicación de los rodillos las pruebas arrojaron que debería ir después de la línea de aspersión del desengrasante.

Figura 36. Orden para limpieza de mallas



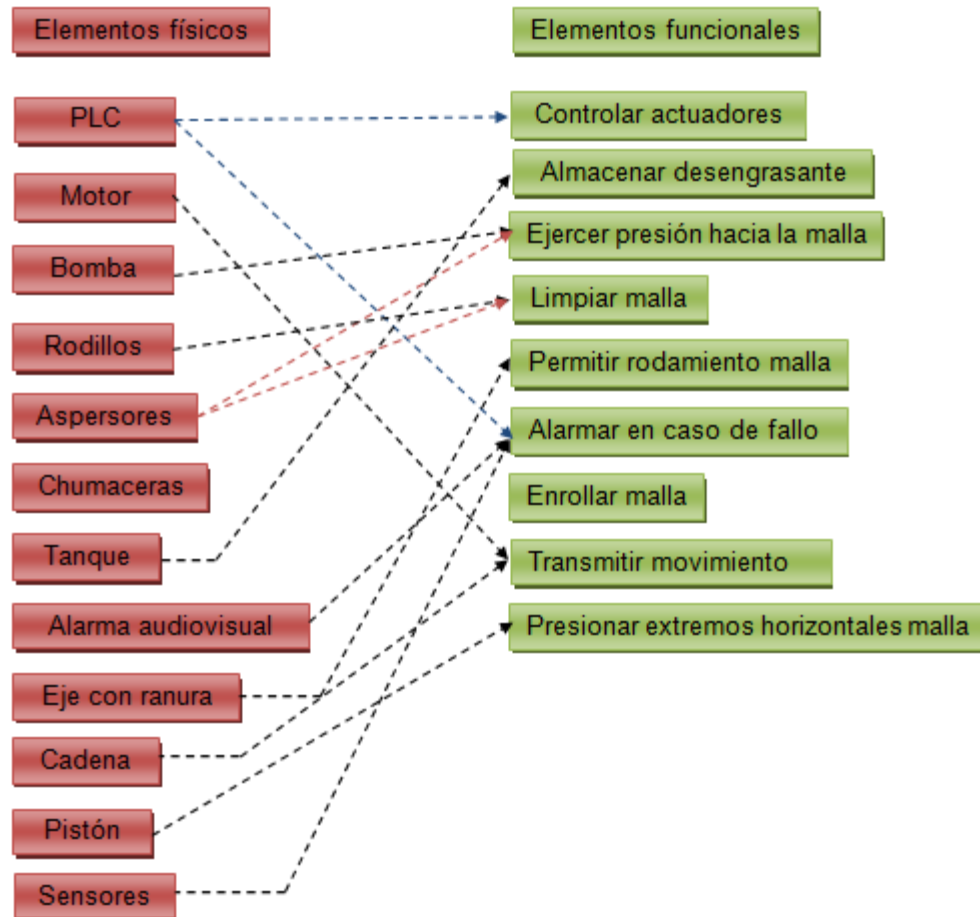
➤ **En cuanto al enrollado y embalado de la malla:**

Para el enrollado y embalado de la malla se tiene una experiencia ya que el método que actualmente se usa para el enrollado en la empresa es el que se va a usar en la combinación seleccionada a diferencia que en el dispositivo que se pretende diseñar se hará de forma automática. En el sistema se observa que uno de los puntos a tener en cuenta es la tensión constante en la malla y la alineación, actualmente el operario que realiza esta labor debe estar en todo momento pendiente de que la malla no se doble para evitar que se deforme y se dañe.

14.ARQUITECTURA

La arquitectura del producto relaciona los elementos físicos con los funcionales para determinar la modularidad o integridad del producto.

Figura 37. Arquitectura



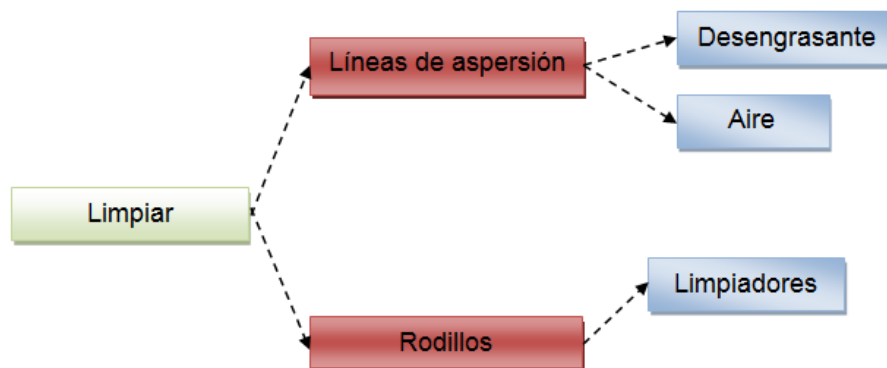
15. DISEÑO DETALLADO

15.1. LIMPIAR

Para la limpieza de las mallas se utilizarán dos sistemas que se denominaron líneas de aspersión y rodillos limpiadores, que se detallarán a continuación.

En la figura 38 se muestra la división de este subsistema para su análisis, por ejemplo en cuanto a las líneas de aspersión se tendrá línea de aspersión de desengrasante y una de aire las cuales se detallarán por separado, por otra parte tenemos la limpieza por rodillos limpiadores que igualmente se detallarán.

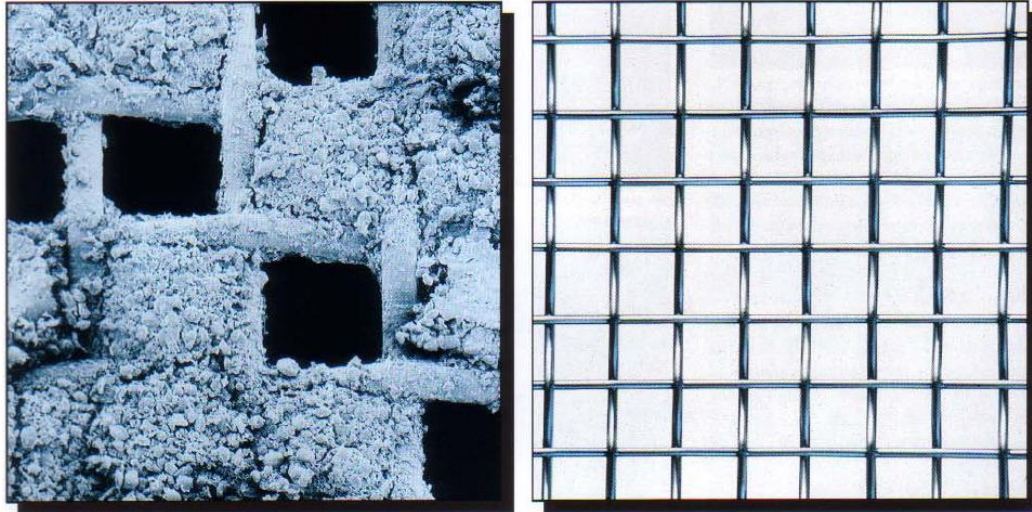
Figura 38. Limpiar



15.1.1. Línea de aspersión

Las líneas de aspersión son muy utilizadas en la industria como el agro, farmacéutica, alimenticia, etc. Esto con el fin de dosificar controladamente aguas, saborizantes o cualquier tipo de líquidos o gases, ya sea en una línea de producción o en campo abierto, un punto importante de las líneas de aspersión es el ahorro considerable del líquido bombeado, siendo así favorable para este desarrollo ya que se busca la disminución de costos, teniendo en cuenta que el costo del desengrasante es alto.

Figura 39. Mallas sucia vs malla limpia



Fuente: Boop, Mallas tejidas, [consultado 03/11/09], **Disponible en internet:** <http://www.bopp.ch>,

En la figura 39 se muestra el taponamiento de una malla metálica, lo que se busca con este diseño es dejar la malla como se muestra en la parte derecha de la imagen, se pretende realizar esta labor con los sistemas que se detallaran a continuación.

Como se mostró en la figura 38 se requiere de dos líneas de aspersión, una de desengrasante y otra de aire, esta primera línea será la encargada de remover el aceite que se usa en la tejeduría y otros que se puedan adherir a la malla, aflojar y remover en lo posible las partículas ubicadas dentro de sus aberturas y en su exterior, dejándola empapada para que los rodillos limpiadores de los que hablaremos más adelante puedan refregar más fácilmente la totalidad de la malla, seguido de esto la malla va quedar algo mojada y quizá con algunas impurezas, por lo que se usará la siguiente línea de aspersión de aire, esta se encargará de asegurar la expulsión de las últimas partículas y secado de la malla.

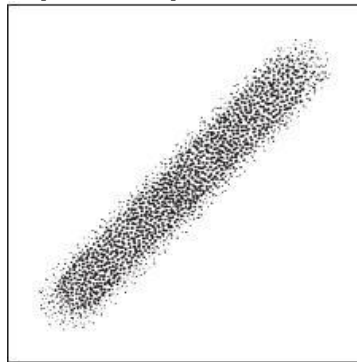
El aspersor es uno de los puntos más importantes en estas líneas, este es el encargado de transformar un flujo líquido o aire presurizado en un rocío, de esta forma garantizando que cubra toda la superficie de la malla para nuestro problema en específico, igualmente aumentar la fuerza de ataque del líquido y el aire sobre la malla para asegurar que las partículas contenidas puedan ser removidas con mayor facilidad.

A continuación se mostrará las especificaciones del aspersor elegido para cada línea, se tendrá en cuenta la presión que ejerce sobre la malla, cobertura, costo, material entre otros.

15.1.1.1 Tipos de aspersión

Existen varias características de aspersión como lo son la aspersión plana, aspersión de cono hueco, cono lleno, chorro sólido, aspersión fina y muchas más, sin embargo lo que se requiere es generar un gran impacto sobre la malla con una buena uniformidad, de esta forma se llegó a la conclusión de que la aspersión plana es la más indicada para esta labor, esta distribuye todo el líquido en forma de abanico o en forma de lámina; este es conseguido por medio de un orificio elíptico o redondo tangencial a una superficie deflectora, por otra parte existen varias aspersiones planas de la cual se utilizará una boquilla de aspersión plana con bordes no ahusados o uniformes, esta boquilla o aspersor se usa normalmente en aplicaciones de limpieza que requieren un impacto uniforme en toda la anchura de aspersión, en la figura 40 se muestra la uniformidad del impacto.

Figura 40. Uniformidad de impacto aspersor



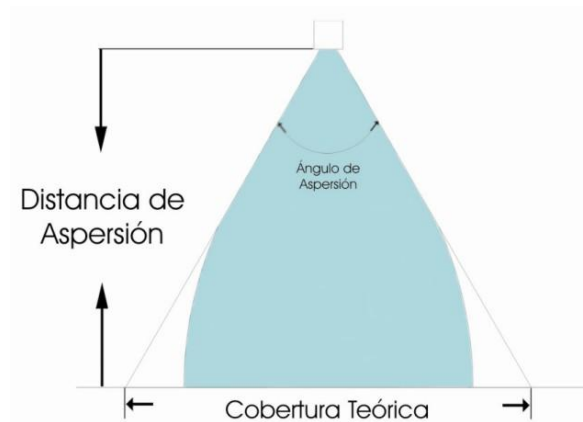
Fuente: Spraying Systems Co., Productos para Aspersión Industrial, Catalogo 55, 1995, pág. 7.

Lo que se busca es un aspersor que sea capaz de generar este tipo de uniformidad en su chorro, en la figura 40 podemos observar que la uniformidad de la fuerza de impacto de este tipo de aspersión es buena para nuestro sistema, ya que se busca remover el lubricante utilizado en la tejedura de la malla y las partículas que se depositan en sus aberturas por medio del impacto del desengrasante y aire sobre la malla.

15.1.1.2 Alcance de aspersión según ángulo.

El alcance del chorro de desengrasante o cobertura teórica como lo muestra la figura 41, del que depende el número de aspersores que se requiere para cubrir la totalidad de la malla, es un punto realmente importante, ya que se debe seleccionar una distancia de aspersión y un ángulo de aspersión adecuado para que la presión del líquido desengrasante y aire sea el adecuado para la remoción de las partículas.

Figura 41. Cobertura teórica



Fuente: Spraying Systems Co., Productos para Aspersión Industrial, Catalogo 55, 1995, pág. 9.

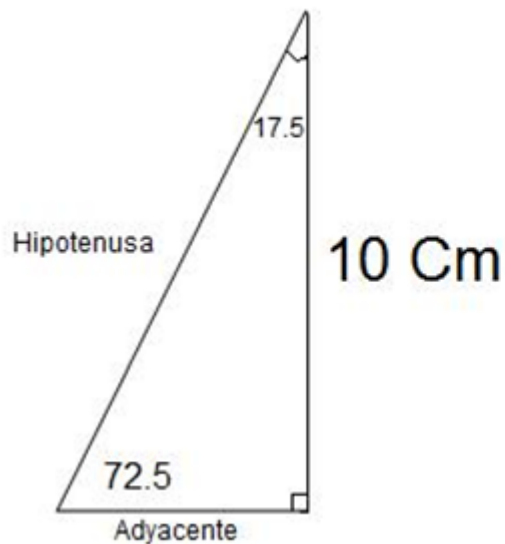
Si seleccionamos una distancia de aspersión muy grande podremos obtener una cobertura teórica mayor viéndose beneficiado la reducción del número de aspersores a usar, sin embargo no obtendremos una presión adecuada para cumplir con el objetivo, igualmente si incrementamos en ángulo de aspersión obtendremos mayor cobertura sin embargo la presión se verá afectada, por lo que se debe de obtener una buena proporción de estos dos factores para llegar a obtener una buena presión sin utilizar demasiados aspersores; en la tabla 9 se muestra las coberturas teóricas en diversas distancias igualmente se realizaron los cálculos para determinar de dónde salen estos valores.

Tabla 9. Coberturas teóricas aspersores

Angulo de aspersión	COBERTURA TEORICA EN DIVERSAS DISTANCIAS (en cm) DESDE EL ORIFICIO DE LA BOQUILLA											
	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm	70 cm	80 cm	100 cm
5°	0.4	0.9	1.3	1.8	2.2	2.6	3.5	4.4	5.2	6.1	7.0	8.7
10°	0.9	1.8	2.6	3.5	4.4	5.3	7.0	8.8	10.5	12.3	14.0	17.5
15°	1.3	2.6	4.0	5.3	6.6	7.9	10.5	13.2	15.8	18.4	21.1	26.3
20°	1.8	3.5	5.3	7.1	8.8	10.6	14.1	17.6	21.2	24.7	28.2	35.3
25°	2.2	4.4	6.7	8.9	11.1	13.3	17.7	22.2	26.6	31.0	35.5	44.3
30°	2.7	5.4	8.0	10.7	13.4	16.1	21.4	26.8	32.2	37.5	42.9	53.6
35°	3.2	6.3	9.5	12.6	15.8	18.9	25.2	31.5	37.8	44.1	50.5	63.1
40°	3.6	7.3	10.9	14.6	18.2	21.8	29.1	36.4	43.7	51.0	58.2	72.8
45°	4.1	8.3	12.4	16.6	20.7	24.9	33.1	41.4	49.7	58.0	66.3	82.8
50°	4.7	9.3	14.0	18.7	23.3	28.0	37.3	46.6	56.0	65.3	74.6	93.3
55°	5.2	10.4	15.6	20.8	26.0	31.2	41.7	52.1	62.5	72.9	83.3	104
60°	5.8	11.6	17.3	23.1	28.9	34.6	46.2	57.7	69.3	80.8	92.4	115
65°	6.4	12.7	19.1	25.5	31.9	38.2	51.0	63.7	76.5	89.2	102	127
70°	7.0	14.0	21.0	28.0	35.0	42.0	56.0	70.0	84.0	98.0	112	140
75°	7.7	15.4	23.0	30.7	38.4	46.0	61.4	76.7	92.1	107	123	153
80°	8.4	16.8	25.2	33.6	42.0	50.4	67.1	83.9	101	118	134	168
85°	9.2	18.3	27.5	36.7	45.8	55.0	73.3	91.6	110	128	147	183
90°	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100	120	140	160	200
95°	10.9	21.8	32.7	43.7	54.6	65.5	87.3	109	131	153	175	218
100°	11.9	23.8	35.8	47.7	59.6	71.5	95.3	119	143	167	191	238
110°	14.3	28.6	42.9	57.1	71.4	85.7	114	143	171	200	229	286
120°	17.3	34.6	52.0	69.3	86.6	104	139	173	208	243		
130°	21.5	42.9	64.3	85.8	107	129	172	215	257			
140°	27.5	55.0	82.4	110	137	165	220	275				
150°	37.3	74.6	112	149	187	224	299					
160°	56.7	113	170	227	284							
170°	114	229										

Fuente: Spraying Systems Co., Productos para Aspersión Industrial, Catalogo 55, 1995, pág. 9.

Figura 42. Cálculos para cobertura teórica



$$\tan(x) = \frac{C_{opuesto}}{C_{adyacente}}$$

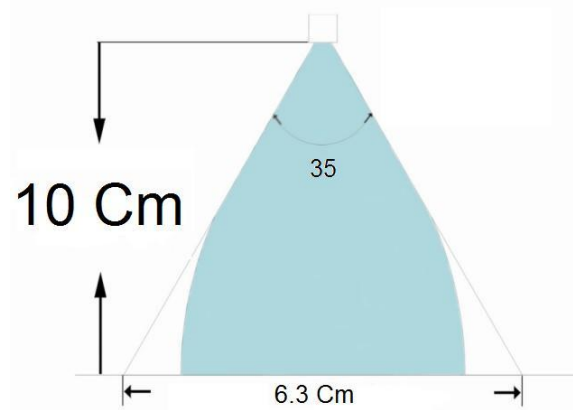
$$\frac{C_{opuesto}}{\tan(x)} = C_{adyacente}$$

$$\frac{10Cm}{\tan(72.5)} = C_{adyacente}$$

$$C_{adyacente} = 3.17Cm * 2$$

$$C_{adyacente} = 6,3Cm$$

Figura 43. Medidas para aspersor



Se selecciono un ángulo de aspersión de 35° y una distancia de aspersión de 10 Cm, siendo así tendremos una cobertura teórica de 6,3 Cm por cada uno de los aspersores, por lo que para cubrir el ancho de la malla de 1.2 Metros se requiere de 19 aspersores los cuales cubrirán 1.21 metros y tendremos una presión adecuada para cumplir con nuestro objetivo.

Figura 44. Sistemas de aspersión



Fuente: Spraying Systems Co., Productos para Aspersión Industrial, Catalogo 55, 1995, pág. D23.

En la figura 44 se muestra un sistema de aspersión usado para remojar pulpa para la elaboración de papel, este sistema es algo similar al que se pretende realizar sin embargo como se puede ver en la figura la distancias del aspersor a la zona de impacto del liquido es grande por lo que el impacto es bajo, lo que buscamos con nuestro sistema es que la presión del chorro del desengrasante sea alto por esta razón nuestra distancia es relativamente corta.

15.1.1.3 Impacto.

El impacto o fuerza de choque del desengrasante sobre la malla depende también del ángulo que se maneje, en el tabla 10 se muestra el porcentaje de impacto por Cm^2 del impacto total teórico,

Tabla 10. Porcentaje de impacto

Modelo de aspersión	Angulo de aspersión	Porcentaje de impacto por cm^2 del impacto total teórico
Aspersión plana	15°	30%
	25°	18%
	35°	13%
	40°	12%
	50°	10%
	65°	7%
	80°	5%
Cono lleno	15°	11%
	30°	2.5%
	50°	1%
	65°	0.4%
	80°	0.2%
	100°	0.1%
Cono hueco	60° 80°	1 hasta 2%

Fuente: Spraying Systems Co., Productos para Aspersión Industrial, Catalogo 55, 1995, pág. 10

A 35° de aspersión tendremos el 13 % del impacto teórico, que es determinado por la siguiente formula.

$$I = 0.024 * (l / \text{min a la presión de aspersión}) * \sqrt{(la \text{ presión de aspersión})}$$

Donde: Impacto total teórico (Kg-Fuerza), $K=0.024$, Q =Capacidad de flujo (l/min) esta capacidad está definida en el consumo del aspersor a 3 bares según el fabricante, P =Presión del líquido (Kg/Cm^2).

$$I = 0.024 * (1,7l / \text{min}) * \sqrt{(3,5)}$$

$$I = 0.1$$

0.1 kg fuerza es equivalente a 1N.

15.1.1.4. **Aspersor seleccionado para desengrasante**

El aspersor seleccionado para esta labor con referencia H-VV mostrado en la figura 45, muy utilizado en aplicaciones de lavado de productos, control de polvo, protección contra fuego entre otros; este aspersor produce caudales por debajo de (1,7 l/min a 3 bar)

Figura 45. Aspersor desengrasante



Fuente: Spraying Systems Co., Productos para Aspersión Industrial, Catalogo 55, 1995, pág. C40.

Este aspersor está fabricado en acero inoxidable AISI 303 el cual según los catálogos de aceros es el de mejor maquinado de toda los aceros inoxidables de la serie 300, tiene buena resistencia a la oxidación lo que es muy importante para el desarrollo ya que este desengrasante puede llegar en un tiempo determinado a deteriorar la estructura del aspersor.

➤ **Usos:**

Este acero se utiliza para hacer producciones en serie de tuercas y tornillos, bushings, cuñas, uniones para conducción de fluidos, piñones, remaches, partes de válvulas, tachuelas.⁸

Este aspersor tendrá una diámetro nominal de orificio de 1.2 mm por el que saldrá nuestro desengrasante, tendrá una rosca tipo **NPT American Standard Pipe Taper Thread de 1/4'**, igualmente este aspersor cumple con todas la especificaciones que se mencionaron anteriormente.

⁸ Sumitecc, Aceros serie 300, [Consultado 04/04/09], Disponible en internet <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20303.pdf>

15.1.1.5. Aspersor seleccionado para aire.

Figura 46. Aspersores de aire



Fuente: Spraying Systems Co., Productos para Aspersión Industrial, Catalogo 55, 1995, pág. F13.

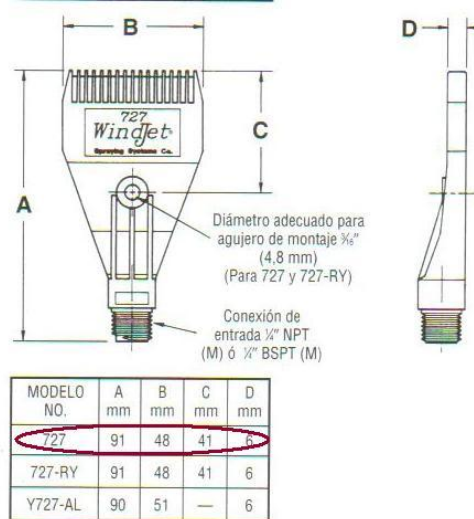
Para la aspersión de aire utilizaremos los aspersores que se muestran en la figura 46, estos aspersores son fabricados en ABS Acrilonitrilo Butadieno Estireno es un plástico muy resistente al impacto, muy utilizado en automoción y otros usos tanto industriales como domésticos, su forma nos permite obtener altas presiones y uniformidad, sus usos más comunes son la limpieza, secado, refrigeración etc. Opera entre 10 y 90 PSI a una temperatura máxima de 70° C, con una rosca tipo NPT de ¼", la altura a la que se ubicara estos aspersores será igual a 5 Cm, cada aspersor cubrirá una distancia de 57mm por lo que se requiere de 21 aspersores para cubrir la totalidad de la malla.

Figura 47. Aspersores aire



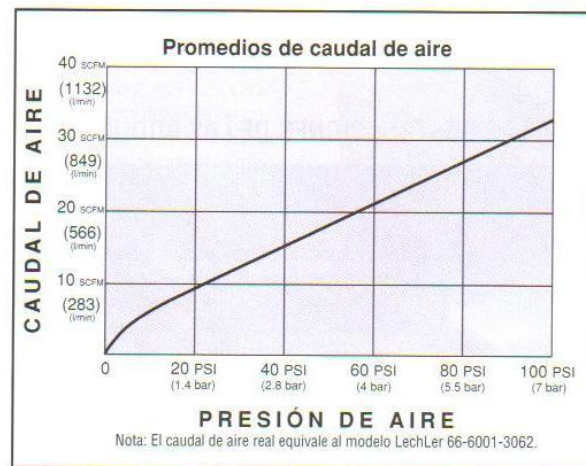
Fuente: Spraying Systems Co., Productos para Aspersión Industrial, Catalogo 55, 1995, pág. F13. En la figura 47 se muestra la posición de los aspersores para el aire.

Figura 48. Dimensiones Aspersor



Fuente: Spraying Systems Co., Productos para Aspersión Industrial, Catalogo 55, 1995, pág. F13.

Figura 49. Promedio de caudal de aire



Fuente: Spraying Systems Co., Productos para Aspersión Industrial, Catalogo 55, 1995, pág. F13.

En la figura 49 nos muestra un punto importante a tener en cuenta en el momento de la selección del compresor ya que dependiendo de la presión a la que se vaya a operar se debe también tener en cuenta la cantidad de aire que van a requerir para su buena operación. Tanto los aspersores como las líneas de aspersión serán suministrados por el proveedor.

15.1.2. Rodillos limpiadores

Los rodillos limpiadores son muy utilizados en las siderurgias para la limpieza de laminas, platinas etc. Estos rodillos contienen millones de filamentos de diámetros de 0.1 a 0.2 mm lo cual le permitirá entrar en las aberturas de algunas de las malla para remover las partículas que se encuentran en su interior, igualmente con la malla ya impregnada de desengrasante se le facilita la remoción de grasas o aceites que estén sobre o bajo la malla.

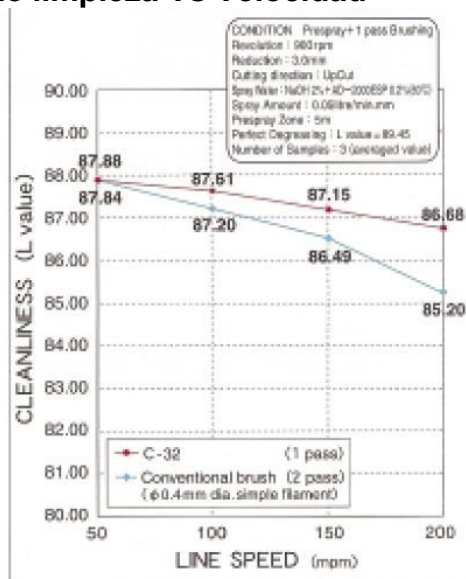
Este sistema de rodillos también es muy usado en limpieza de adoquines, pavimento, platinas, entre otras, a continuación mostraremos un sistema similar usado para la limpieza de adoquines, este sistema cuenta con un solo rodillo sin embargo el material y disposición del rodillo es el mismo.

Figura 50. Rodillos limpiadores



En la figura 50 podemos apreciar un sistema de limpieza por rodillos usado para la remoción de partículas ajenas a adoquines, el rodillo a una altura determinada de tal forma que al pasar el adoquín tenga la suficiente presión sobre él para remover las partículas, lo que se busca en nuestro sistema es similar sin embargo la malla estará pasando por medio de dos rodillos como los que se observan en la figura removiendo por la parte superior e inferior y refregando su superficie removiendo no solo partículas si no también grasas adheridas a ella, importante mencionar que el concreto es mas abrasivo que una mallas metálica en acero inoxidable por lo que es despreciable llegar a tener en cuenta que la malla pueda desgastar el rodillo rápidamente. Un punto importante a tener en cuenta es la velocidad a la que deben operar estos rodillos en la figura 51 se muestra la representación de esto.

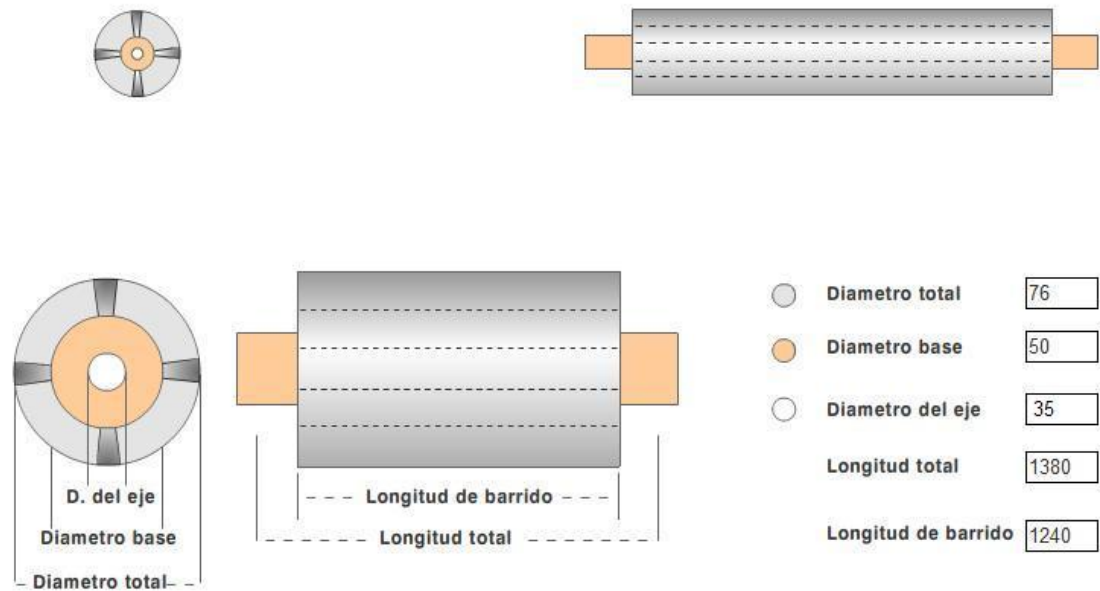
Figura 51. Capacidad de limpieza Vs Velocidad



Fuente: Nosas, Rodillos limpiadores, [Consultado 03/10/09], Disponible en internet: http://www.nosas.com/prova_web/3M_roll_rolls.php,

En la figura 51 tenemos la comparación de capacidad de dos rodillos con respecto a la velocidad, el C-32 un rodillo fabricado por la compañía 3M de línea roja y un rodillo convencional en línea azul, como podemos ver sin interesar la fabricación de rodillos es que al aumentar la velocidad se disminuye la capacidad de limpieza. Los dos rodillos, a 50 MPM tienen una capacidad de 87.88 mientras que a 200 MPM se cae esta capacidad en uno menos que en el otro pero se presenta una baja, por lo que es conveniente que la velocidad de limpieza de la malla sea realmente baja lo cual se definirá más adelante.

Figura 52. Dimensiones rodillos

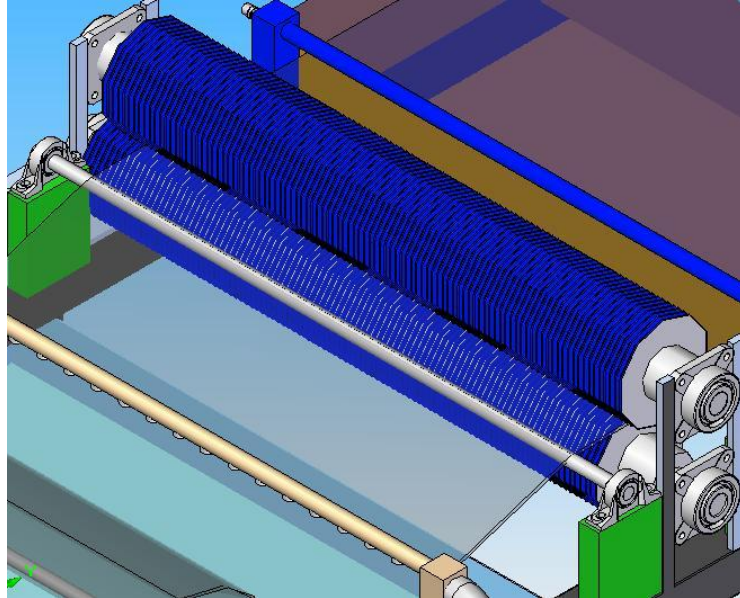


En la figura 52 se muestran las dimensiones que se requieren para el rodillo.

Debido a que en la planta de tejedura se producen mallas de 1 y 1.22 Metros se debe tener una longitud de barrido igual a la longitud de la malla más ancha para asegurar que servirá para todas las mallas que se fabrican, por lo que el rodillo tendrá 1.24 Metros así previniendo ante posibles desalineamientos, La longitud total es de 1.36 Metros menos la longitud de barrido nos da un espacio de 6 Centímetros a lado y lado entre la chumacera que le permitirá el rodamiento al rodillo y la malla a limpiar, espacio razonable para evitar posibles colisiones, El diámetro del eje será de 38 Milímetros o 1 ½' lo cual se decidió de acuerdo a que es un diámetro de eje comercial, por lo que se requiere de una chumacera que más adelante veremos con un diámetro igual, El diámetro base será de 50 Milímetros o 2' lo que se decidió simplemente dejando un espacio razonable del eje a la base del rodillo evitando fracturas u otro tipo de problema, El diámetro total será de 76 Milímetros o 3' por lo que las cerdas tendrán una longitud de 1'.

Para poder limpiar la malla en toda su expresión se utilizarán dos rodillos de tal modo que la malla pase por la mitad de los dos como se muestra en la figura 53 y sea limpiada por ambas caras.

Figura 53. Rodillos con malla



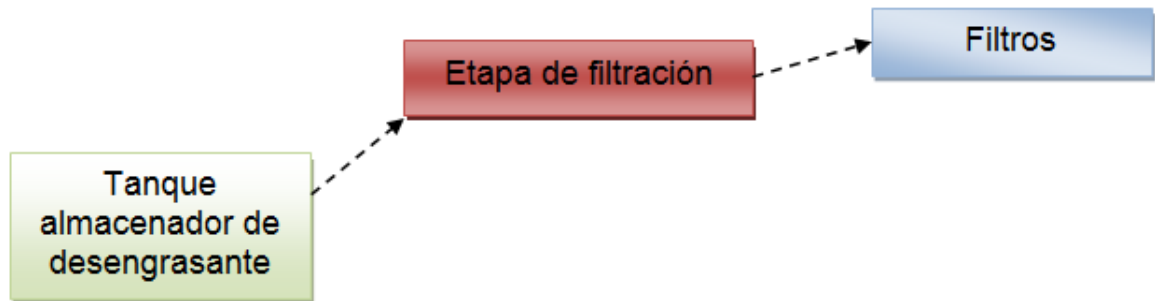
Para asegurar que los rodillos harán su labor se le debe transmitir una velocidad menor a la de la malla por lo tanto se debe definir una velocidad constante de la malla, para después así determinar la velocidad de los rodillos, que será transmitida por un motor independiente.

15.1.3. Elementos requeridos para la limpieza

Tanto las líneas de aspersión como los rodillos limpiadores requieren de ciertos elementos para su funcionamiento, a continuación se mostrarán uno a uno, su función, dimensiones y otros aspectos relacionados.

15.1.3.4. Elementos necesarios para línea de aspersion de desengrasante.

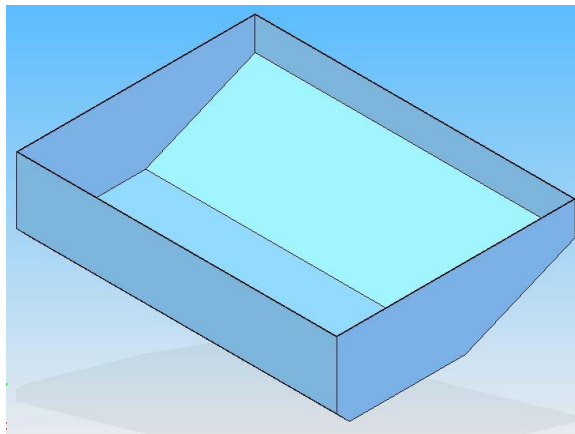
Figura 54. Diagrama de elementos tanque almacenador



Como podemos ver en la figura 54 uno de los elementos requeridos por la línea de aspersion de desengrasante es un tanque almacenador, este se encargará de recibir nuevamente el desengrasante después de haber sido bombeado a la malla, esto con el fin de reciclarlo para ser usado nuevamente en la limpieza, igualmente este elemento requiere de un subelemento por decirlo así, encargado de filtrar el desengrasante almacenado ya que no tendría sentido volver a limpiar la malla con un desengrasante sucio, por esta razón se utilizara un etapa de filtrado que más adelante analizaremos.

15.1.3.4.1. Tanque almacenador.

Figura 55. Tanque almacenador 3D



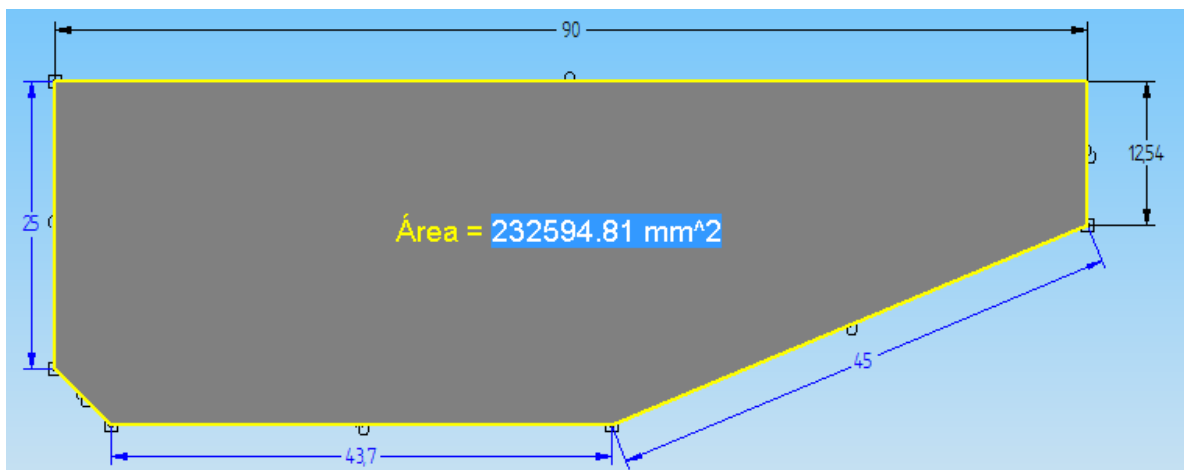
Este tanque almacenador deberá ser fabricado en acero inoxidable para evitar corrosiones teniendo en cuenta que contendrá líquidos y más este en especial siendo un desengrasante, tendrá un calibre 16 suficiente para evitar tanto altos costos como tener una buena resistencia contenedora, se usara una serie 304 para este tanque, a continuación se mostraran sus propiedades mecánicas, físicas y químicas, usos y tratamientos.

➤ Usos

sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.⁹

15.1.3.4.2. Dimensiones

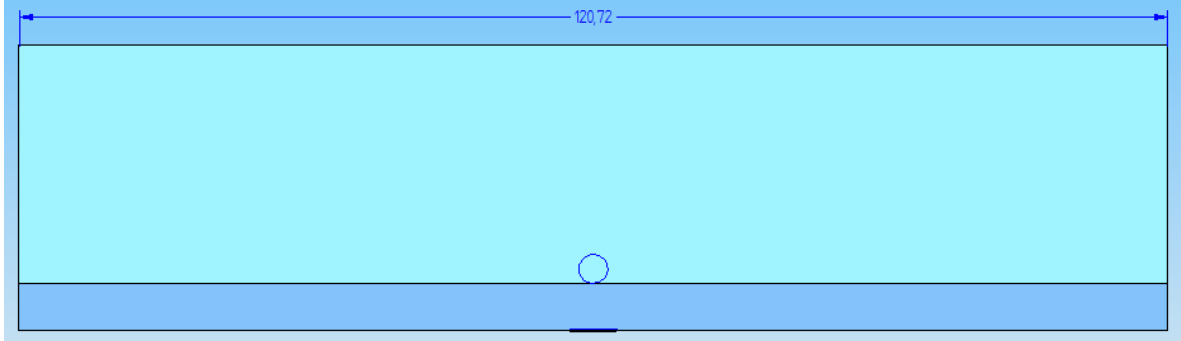
Figura 56. Dimensiones tanque almacenador



Área de 0.23259 m^2

⁹ Sumitecc, Aceros serie 300, [Consultado 04/04/09], Disponible en internet <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20303.pdf>

Figura 57. Ancho tanque almacenador



Unidades en cm.

Con un área de 0.232594m^2 que se muestra en la figura 56 por 1.20 metros de ancho tenemos el volumen del tanque igual a 0.279m^3 , teniendo en cuenta que requerimos 34 litros por minuto equivalentes a 0.0005m^3 por segundo se puede determinar que el tanque está en la capacidad de retener esta cantidad de liquido en un segundo y queda un espacio considerable, el tanque debe tener aproximadamente 5 galones de para evitar inconvenientes.

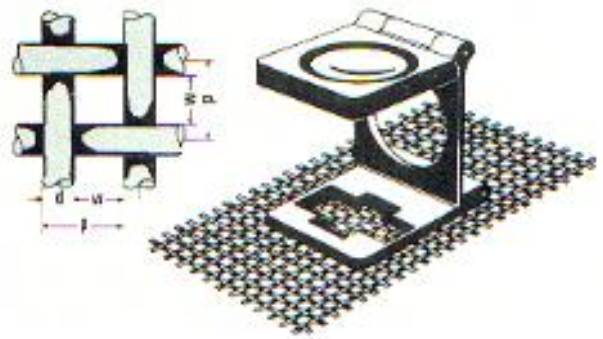
15.1.3.4.3. Etapa de filtrado.

Como ya se mencionó lo que se pretende es reutilizar el desengrasante para abaratar los costos e igualmente darle un mejor uso, por tanto lo que se pretende es una vez el desengrasante sea bombeado a la malla y recolectado por el tanque de almacenamiento pase antes de volver a ser bombeado por una etapa de filtrado, que contará con filtrado de partículas y aceites o líquidos ajenos al desengrasante, de esta forma evitando no solo que la malla reciba nuevamente la suciedad que se removió anteriormente si no también alargar la vida de la bomba.

Para la eliminación de partículas se usará una malla metálica en acero inoxidable AISI 304 en forma de cilindro o más conocido como cartucho que retendrá las partículas que tengan mayor área que su abertura en la figura 58 se muestra las características de las mallas para así entender el funcionamiento de este filtro.

Figura 58 Malla metálica

$$\text{Mesh} = \frac{25.4\text{mm}}{w(\text{mm}) + d(\text{mm})}$$
$$A_o = \left[\frac{w}{w + d} \right]^2 \times 100\%$$



Fuente: Ingefilter, Telas metálicas, [consultado 14/03/09], Disponible en internet: http://www.ingefilter.com/html/telas_metalicas.htm

El sentido longitudinal de un rollo de malla metálica se denomina urdiembre, y el sentido transversal trama.

- Abertura de malla (w) Las telas metálicas se designan por la abertura de malla, la cual es la distancia entre dos hilos adyacentes de urdiembre o de trama.
- Diámetro de hilo (d) Es el diámetro del alambre con el que ha sido tejida la malla.
- Mesh: Es la numeración de la tela e identifica el número de pasos o hilos por pulgada inglesa (25.4mm).
- Superficie abierta (Ao) Expresa la superficie útil de la malla en porcentaje.¹⁰

¹⁰ Ingefilter, Telas metálicas, [consultado 14/03/09], Disponible en internet: http://www.ingefilter.com/html/telas_metalicas.htm

Tabla 11. Mallas tejidas

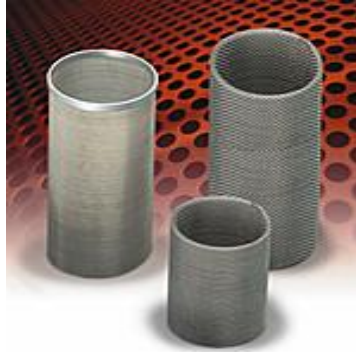
Mesh	Ø hilo mm	Abertura mm	% Area libre
2	1.50	11.2	77.0
3	1.50	7.10	69.4
4	1.20	5.10	65.9
5	1.00	4.00	63.2
6	0.90	3.35	62.7
8	0.71	2.46	60.2
8	1.00	2.13	45.2
10	0.64	1.91	56.3
10	0.89	1.65	42.3
12	0.58	1.52	51.8
12	0.63	1.47	48.4
14	0.50	1.30	51.0
16	0.45	1.13	50.7
16	0.63	0.95	36.0
18	0.40	1.00	50.8
20	0.40	0.860	46.2
24	0.36	0.700	44.2
30	0.30	0.540	40.8
40	0.25	0.380	36.0
50	0.22	0.280	30.3
60	0.19	0.230	30.3
70	0.16	0.200	29.8
80	0.14	0.190	31.4
100	0.102	0.150	36.0
120	0.088	0.120	30.0
150	0.066	0.104	37.4
180	0.058	0.084	34.7
200	0.053	0.074	33.6
250	0.040	0.061	36.0
325	0.036	0.043	30.0
400	0.025	0.038	36.0
500	0.025	0.025	25.0

Fuente: Ingefilter, Telas metálicas, [consultado 14/03/09], Disponible en internet: http://www.ingefilter.com/html/telas_metalicas.htm

Como se puede ver en el tabla 11 a medida que el Mesh aumenta tenemos menor abertura y menor porcentaje de área libre, de esta forma debemos de seleccionar un Mesh adecuado para retener las partículas, sin embargo no podemos seleccionar un Mesh muy alto ya que tendríamos bajas en presión y no supliríamos el caudal requerido por la bomba, por tanto según un experto en este tipo de filtración el Mesh adecuado para este filtro debe ser de 100 Mesh así obtendremos una abertura de 0.150 y un porcentaje de área libre de 36%.

La configuración que debe llevar esta malla es en forma de cartucho como se muestra en la figura 59, este cartucho debe ir dentro de una carcasa que tiene una cavidad para este, la carcasa tiene una abertura como se muestra en la figura 60 en su parte superior derecha por el que entrara el liquido desengrasante, haciéndolo pasar por la parte interior del cartucho de esta forma dejando pasar el liquido mas no las partículas hacia la parte exterior del cartucho, el liquido ya libre de partículas saldrá por otra abertura ubicada en su otro extremo.

Figura 59. Cartucho



Fuente: Industrias Perfect S.A., filtros cartucho, [Consultado 22/04/09], Disponible en internet: <http://www.filtrosindustriales.cl/wp-content/1-filtros-4.jpg>.

Figura 60. Carcasa para filtros con malla tejida



Fuente: Equadis, Carcasa, [Consultado 22/04/09.], Disponible en internet: <http://www.equadis.es/images/CARCASA%20FILTRO.bmp>

El segundo filtro ubicado en cascada después del anteriormente visto es un filtro coalescente el cual nos ayudará a retener los líquidos, aceites y/o grasas que hayan sido removidas de la malla que son ajenos al desengrasante, este filtro funciona por medio de materiales como se muestra en la figura 61 como telas, fibras de vidrio entre otras las cuales por medio de diferencias de densidades permiten el paso de una densidad específica, en este caso se requiere que pase únicamente el líquido desengrasante por lo que debemos determinar su densidad y definir el material a utilizar para el filtro, el funcionamiento de este filtro en cuanto al recorrido del líquido es el mismo que el retenedor de partículas así como este se debe de tener una carcasa con una entrada y una salida y el medio filtrante en este caso una tela o fibra.

Figura 61. Medio filtrante filtro coalescente



Fuente: Idima, Coalescente, [consultado 22/04/09], Disponible en internet: <http://www.idimafiltros.net/wp-content/uploads/2007/12/parker-aire-gas-coalescedor.png>.

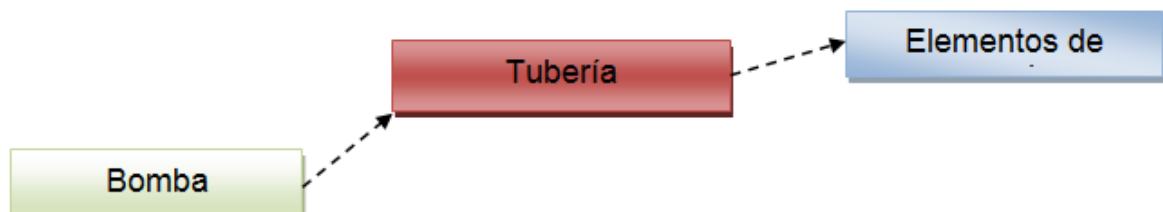
Figura 62. Carcasa filtro coalescente



Fuente: Directindustry, Carcasa coalescente, [Consultado 22/04/09] Disponible en internet: <http://www.directindustry.es/prod/wilkerson/filtro-coalescente-aire-aceite-7312-24236.html>

Otros elementos necesarios para el funcionamiento de la línea de aspersion de desengrasante son los siguientes:

Figura 63. Diagrama elementos bombeo



Se requiere de una bomba que se encargara de bombear el líquido desengrasante nuevamente hacia la malla con el líquido previamente filtrado como lo vimos anteriormente, esta bomba se debe de analizar a fondo ya que todas las bombas no suplen las necesidades requeridas, a continuación mostraremos las características de la bomba seleccionada.

15.1.3.1. Bombas centrifugas

- Su construcción es simple, su precio es bajo.
- El fluido es entregado a presión uniforme, sin variaciones bruscas ni pulsaciones.
- La línea de descarga puede interrumpirse, o reducirse completamente, sin dañar la bomba, así evitando averías en caso de falta del desengrasante.
- Puede utilizarse con líquidos que contienen grandes cantidades de sólidos en suspensión, volátiles y fluidos hasta de 850° F, también es un punto importante ya que el desengrasante será reciclado haciéndolo pasar por una etapa de filtración, sin embargo pueden quedar partículas.
- Sin tolerancias muy ajustadas.
- Poco espacio ocupado.
- Económicas y fáciles de mantener.
- No alcanzan presiones excesivas aún con la válvula de descarga cerrada.
- Máxima profundidad de succión es 15 pulgadas.
- Flujo suave no pulsante.
- Impulsor y eje son las únicas partes en movimiento.
- Se adaptan a servicios comunes, suministro de agua, hidrocarburos, disposición de agua de desechos, cargue y descargue de carro tanques, transferencia de productos en oleoductos.¹¹

Como se puede ver en las características de las bombas centrifugas tiene aspectos realmente importante para el desarrollo, por ejemplo su bajo costo es un aspecto que tiene una importancia considerable en este desarrollo, su fácil mantenimiento que son aspectos salidos del desarrollo como tal pero igual se deben tener en cuenta, hablando de aspectos funcionales tenemos la presión uniforme o no pulsaciones que es muy importante ya que si se tienen pulsaciones o espacios donde la presión baje no podemos asegurar que toda la malla quede limpia. Otro aspecto seria en caso de que la etapa de filtrado deje pasar algún elemento solido

¹¹Fluidos, Bombas, [Consultado, 05/05/09], Disponible en internet: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/seleccionbombascentrifugas/seleccionbombascentrifugas.html>

esta bomba no tiene problemas, ocupan poco espacio ayudando a la modularidad del mismo, están son las razones más importantes por la cuales se llegaron a seleccionar esta bomba.

Figura 64. Bombas centrifugas



Fuente: Fluidos, Bombas, [Consultado, 05/05/09], Disponible en internet: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/seleccionbombascentrifugas/seleccionbombascentrifugas.html>

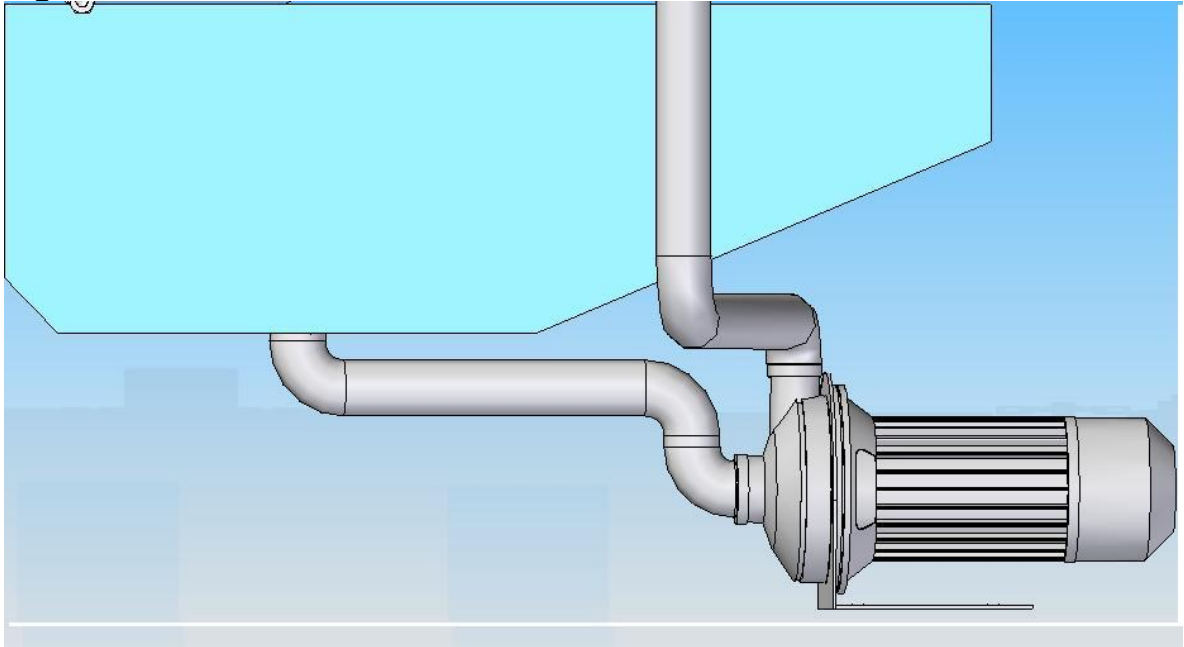
Ya habiendo seleccionado el tipo de bomba a usar se debe determinar sus parámetros de trabajo tales como su presión, si va a trabajar sumergida o no, caudal que debe manejar, altura que debe llevar el liquido entre otras.

- **Caudal:** como se mostro anteriormente se usaran 19 aspersores para el desengrasante, estos aspersores tienen un consumo de 1,7 litros por minuto cada uno por lo que la bomba debe de suplir poco mas de 32,3 litros por minuto. Caudal=34 litros por minuto.
- **Presión:** la presión que se determino adecuada para atacar la malla es de 3 Bares o 44 PSI esta presión fue seleccionada en base a pruebas realizadas de una malla sucia y observada en un microscopio con diferentes presiones en una misma malla y se observo que a esta presión aseguraba la limpieza de esta.
- **Sumergida:** NO, la bomba estará por fuera del tanque de almacenamiento.

- **Altura:** la bomba debe de ser capaz de elevar el líquido desengrasante a una altura de 1 metro como máximo.
- **Tensión:** la tensión de alimentación será de 110VAC a 60Hz.

La bomba ira instalada como se muestra en la figura 65.

Figura 65. Instalación bomba



Como se muestra en la figura el líquido desengrasante cae por gravedad y la bomba lo eleva un metro hasta la línea de desengrasante.

15.1.3.2. Tubería.

Igualmente se requiere de un medio para transportar el liquido del tanque de almacenamiento hacia la etapa de filtrado, de allí a la bomba y de la bomba nuevamente hacia los aspersores por lo que se usará tubería en acero inoxidable, esto con el fin de evitar oxidaciones en un futuro.

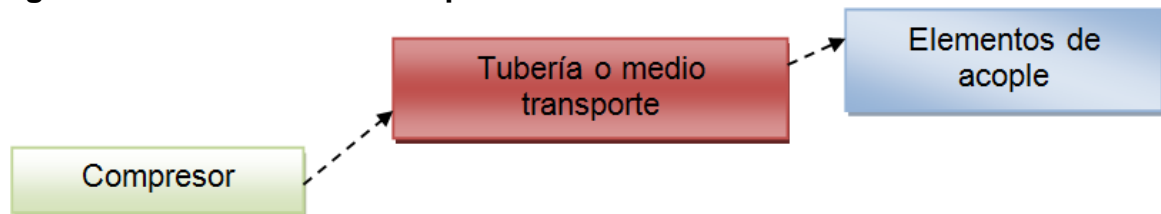
Ahora lo que se requiere es conocer qué cantidad de liquido debe ser trasportado para determinar su diámetro, como ya se mostro se usaran 19 aspersores cada

uno con una abertura de 1,2mm por el que saldrá el líquido, por lo tanto 22,8mm son lo que se requieren para alimentar por decirlo así los aspersores, igualmente la tubería debe transportar 34 litros por minuto al igual que la bomba por lo que se usara una tubería con un diámetro de $\frac{3}{4}$ ' que permitirá el paso de estos 34 litros y tiene una capacidad de 26,70mm relación suficiente teniendo en cuenta que con el paso del tiempo se puede reducir la abertura de la tubería.

Igualmente se requieren de 6 codos para transportar el líquido del tanque a la línea como se muestra en la figura.

15.1.4. Elementos necesarios para línea de aspersión aire

Figura 66. Elementos línea aspersión aire

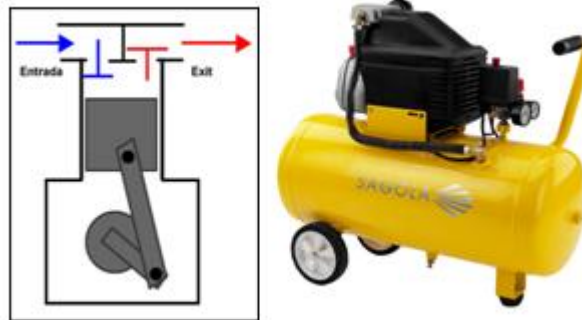


Para esta línea de aspersión se requiere de estos tres elementos, el compresor como el más importante, encargado de impulsar aire comprimido por la tubería o medio de transporte, será el que nos defina la presión del aire saliendo de los aspersores, por tanto se debe realizar una buena selección de este, por otro lado la tubería o medio de transporte del aire y los elementos de acople que también deben ser estudiados para llegar al cumplimiento de no solo los objetivos si no también los requerimientos.

15.1.4.4. Compresor:

Lo que se busca con el aire en las líneas es por medio de la presión, evacuar las ultimas partículas en la malla y su secado, requiriendo de una buena presión, por tanto se busca es un tipo de compresor que tenga la capacidad de producir altas presiones llegando así a la conclusión que el compresor tipo pistón es el adecuado, este tipo de compresores es usado en aplicaciones donde se requiere altas presiones.

Figura 67. Compresor tipo pistón



Fuente: Neumática niche, Compresores, [Consultado 04/19/09], **Disponible en internet:** <http://sitioniche.nichese.com/esquema-neuma/compresor-piston.jpg>.

➤ **Caudal:**

En un compresor el tanque de almacenamiento cumple varias funciones como lo es evitar la fluctuación del aire punto importante para este desarrollo, igualmente se encarga de almacenar el aire en caso de que la maquina a la que este suministrando el aire requiera de una gran cantidad, este esté preparado; es conocido por nosotros el consumo de cada aspersor a cierta presión, igualmente la abertura de cada uno de ellos, cada aspersor tiene una abertura por la que sale el aire de $\frac{1}{4}$ siendo así a 20PSI cada aspersor consume $10 \text{ ft}^3/\text{m}$ para un total de $210 \text{ ft}^3/\text{m}$ en la línea o $3.5 \text{ ft}^3/\text{s}$ por lo que se requeriría de un tanque con un volumen de 99.108 cm^3 como mínimo para garantizar el caudal requerido por los aspersores.

➤ **Presión:**

Para determinar la presión que se requiere para evacuar las partículas se realizo una prueba por medio de un microscopio y aire comprimido, esta prueba consistió en obtener un trozo de malla sucia y observarla en un microscopio viendo la suciedad y las partículas ubicadas en sus aberturas, seguido de esto se sometió esta malla a la diferentes presiones de aire llegando a la conclusión que a 80PSI se remueven todas las partículas, por tanto 20PSI debe ser la presión que debe tener como mínimo el compresor.

15.1.4.5. Tubería o medio de transporte para el aire comprimido.

En cuanto al transporte del aire comprimido generado por el compresor se debe de tener varias consideraciones tales como la facilidad de acoplarlo ya que la maquina debe ser lo más modular posible por lo que si se ubica una tubería metálica esta va a depender de la cercanía del compresor lo que haría el dispositivo menos modular, su capacidad en caudal, se debe seleccionar un medio que sea capaz de transportar al caudal necesario, que el medio pueda soportar esta presión sin averiarse y asegurar la presión en cada punto o aspersor.

Como se menciona la modularidad del sistema es importante en el desarrollo, por lo que se usara una parte del medio de transporte en tubería y otro en manguera, en el tramo de la maquina al compresor se usara manguera así desligando la cercanía del compresor a la maquina y la parte de la maquina donde irán acoplados los aspersores llevara tubería galvanizada muy usada en el transporte de aire.

Su capacidad en caudal a diferencia de los líquidos es que el aire es compresible por tanto no se requiere de un diámetro de tubería grande, por lo general en el aire se usa tubería de 3/8', por tanto la tubería y la manguera tendrán un diámetro de 3/8'.

Se debe generar anillos para garantizar que todos los aspersores reciban la misma presión por tanto a cada extremo de la línea tendremos una entrada de aire.

15.1.4.6. Elementos de acople:

Para esta línea necesitaremos estos elementos para acoplar los diferentes medios de transporte que vamos a usar (tubería galvanizada y manguera), se acoplaran por medio de acoples rápido así aislando la maquina del compresor y acoplando fácilmente la manguera con la línea en tubería galvanizada, en la figura 23 se muestra algunos acoples.

Figura 68. Acoples rápidos



Fuente: Distrizan, Acoples rápidos, [Consultado, 04/19/09], Disponible en internet: http://www.distrizan.com.ar/productos_ingesoll/acoples_rapidos.jpg.

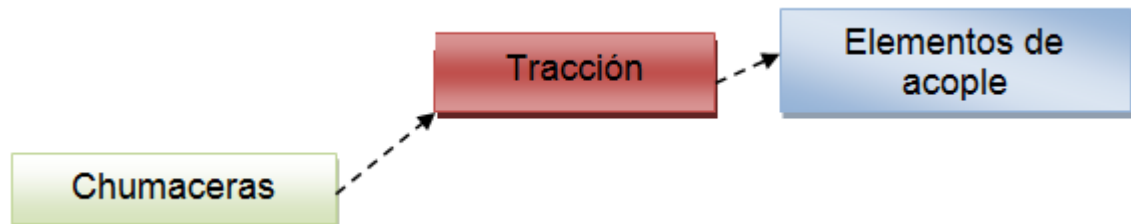
Figura 69. Manguera



Fuente: Equipos y controles, Mangueras, [Consultado, 04/19/09] Disponible en internet: <http://www.equipo.hn/prodimages/manguera%20compresor%20big.jpg>.

15.1.5. Elementos necesarios para rodillos limpiadores:

Figura 70. Elementos rodillos

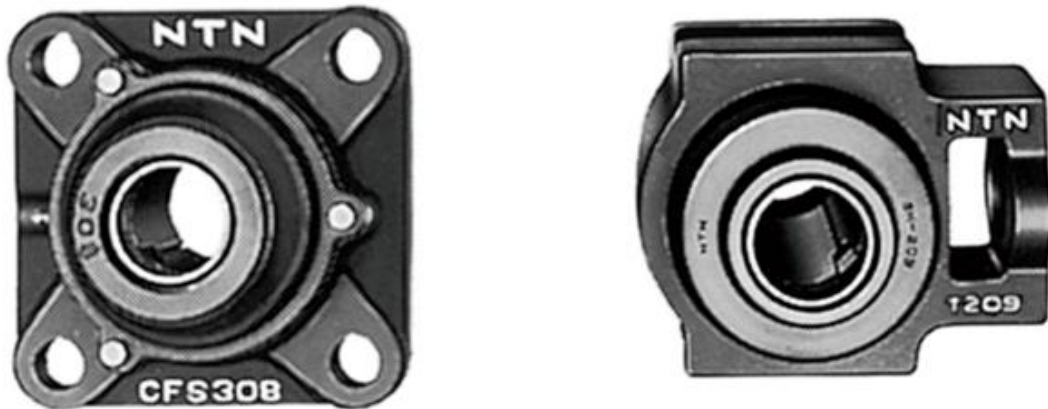


Para los rodillos limpiadores se requiere de un par de chumaceras para cada rodillo, un elemento que genere tracción en ellos y elementos de acople, a continuación veremos cada uno de estos elementos en detalle.

➤ **Chumacera:**

La chumacera nos permite reducir la fricción en las piezas en contacto, estos elementos son muy usados en permitir el rodamiento de piezas fácilmente, igualmente sirviendo de apoyo, existen varios tipos de chumacera en este caso usaremos uno conocido como tipo brida como se muestra en la figura 71

Figura 71. Rodamientos ojo de pescado



Fuente: ntnsudamericana, Rodamientos, [Consultado 04/20/09], **Disponible en internet:** http://www.ntnsudamericana.com/index.php?option=com_content&task=view&id=71&Itemid=68,.

Las chumaceras mostradas en la figura 71 denominadas tipo brida serán usadas para permitir el rodamiento libre de los rodillos limpiadores, en la figura se muestran dos chumaceras una fija y otra móvil, lo que nos permitirá el ajuste de los rodillos en la posición deseada, para el rodillo que irá en la parte superior se pondrá fijo por lo que se usará la chumacera tipo brida del lado izquierdo de la figura, mientras que el rodillo inferior tendrá la posibilidad de moverse hacia arriba o abajo según se requiera; esta chumacera requiere de un carril para desplazarse, por medio de un tornillo se ajusta su posición, en la siguiente figura c mostrara un sistema similar usado para templar rodillos de bandas transportadoras.

Figura 63. Tensor banda transportadora



Como se muestra en la figura la chumacera solo permite el movimiento para desplazarse hacia la derecha o izquierda esto por medio de el tornillo que podemos apreciar de esta forma desplazan el rodillo hacia la izquierda haciendo que la banda transportadora este templada, en este caso lo usaremos para subir o bajar el rodillo generando mayor o menor presión hacia ella por parte del rodillo.

Figura 64. Otra tensor banda transportadora



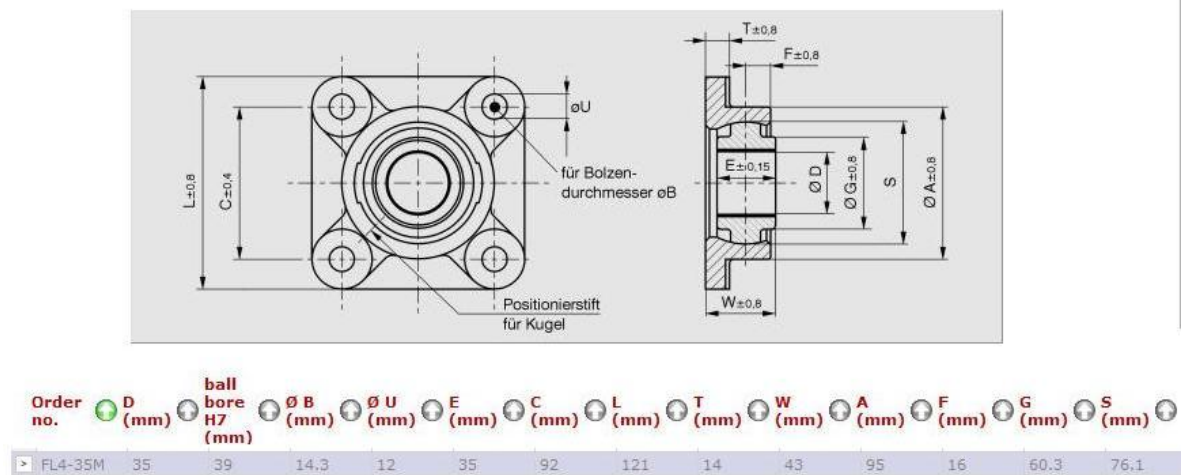
Características:

Diámetro interior agujero: El diámetro interior del agujero debe tener 1 ½' para poder que entre nuestro rodillo.

Capacidad de carga: Debe tener una capacidad de carga de 20Kg para soportar el peso de los rodillos.

Esta chumacera tendrá un rodamiento rígido de bolas, este tipo de rodamientos son utilizados en operaciones de altas velocidades, requiere poca atención en cuanto mantenimiento, tiene un bajo costo y soportan altas cargas radiales.

Figura 65. Chumacera tipo brida.



En la figura 65 se puede observar las dimensiones de la chumacera tipo brida que se usara para el rodamiento de los rodillos.

Elementos de acople para chumaceras:

Como elementos de acople requerimos una estructura para el montaje de las chumaceras, esta estructura debe permitir la extracción de los rodillos en cualquier momento por medio de una desplazamiento horizontal e igualmente el desplazamiento vertical de las chumaceras así ajustando el rodillo en caso de desgaste o limpieza de mallas de mayor grosor.

Figura 75. Diseño para remover rodillos

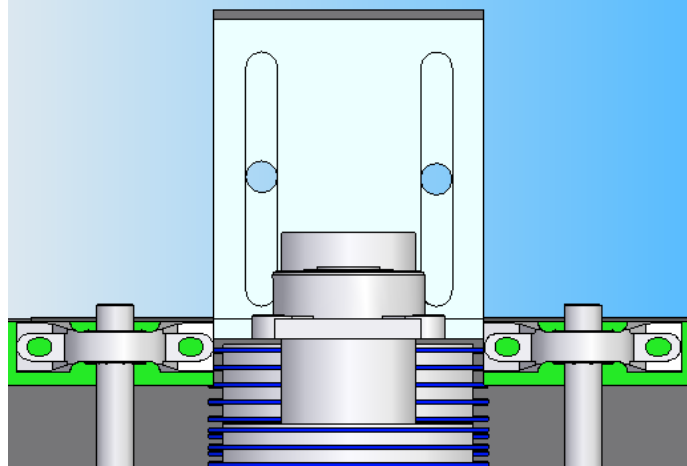
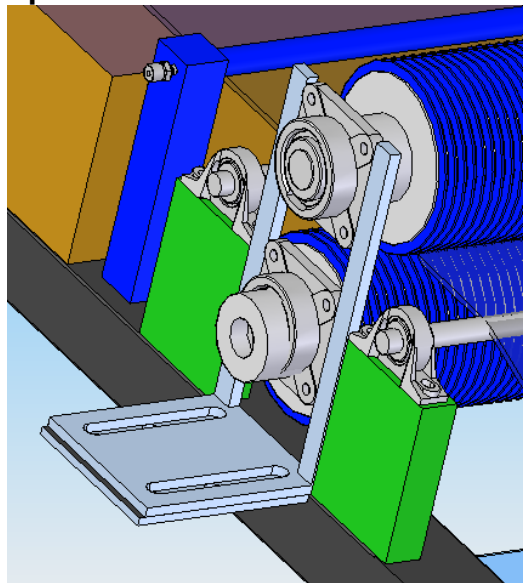


Figura 76. Otra diseño para remover rodillos



En las figuras 75 y 76 podemos apreciar dos bases metálicas una de las cuales perteneciente a la estructura que sostiene las chumaceras con dos guías para permitir el correcto y seguro desplazamiento del conjunto de chumaceras de los rodillos, la segunda base permite el aseguramiento de la base conjunto chumaceras en el lugar que se le indico.

Tracción:

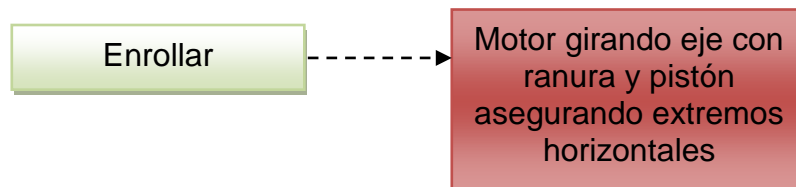
La tracción de la malla se hará por medio de un motor con las características actuales de funcionamiento a continuación se presentaran estas características:

Motor asíncrono trifásico; este motor nos permite regular su velocidad y hacer cambio de sentido de giro.

Tipo HF 80 A-4, 0,55 KW, Este motor tiene un reductor de 10/1, Velocidad 7Cm/s, La tracción para los rodillos limpiadores se hará también por medio de un motor sin embargo en este caso no se requiere de cambio de giro ni de un reductor por lo que ira directo a los ejes de los rodillos.

15.2. ENROLLAR

Figura 77. Enrollar



Para enrollar las mallas se utilizará un sistema que actualmente se usa en la empresa, consiste en un motor que hace girar un eje con una ranura en toda su longitud como se muestra en la figura 78 por la que se doblara la malla, adicionalmente tendrá un pistón que mantendrá la malla alineada por medio de un plato tal como lo muestra la figura 79 así evitando averías, a continuación se mostrara el análisis de esta etapa.

Figura 78. Eje con ranura

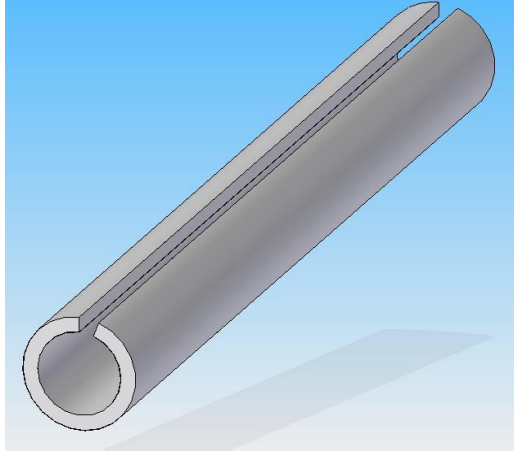


Figura 79. Pistón ajustando

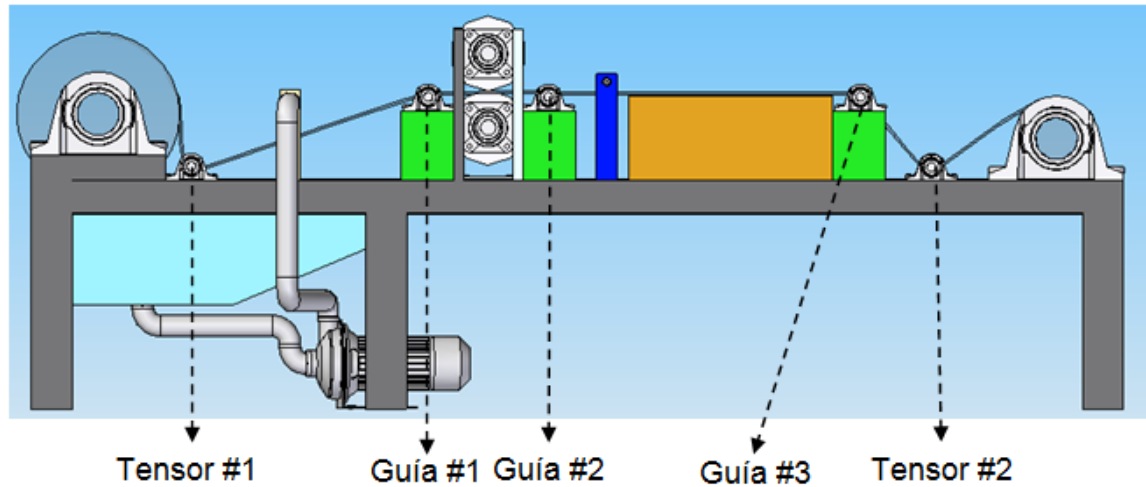


Para esta etapa se debe de tener en cuenta dos aspectos para poder generar rollos de malla perfectamente enrollados, uno de ellos y quizá el más importante es la perfecta alineación de la malla evitando averías, tensión y frenado, a continuación se analizarán los sistemas para asegurar estos aspectos.

Alineación:

Para la alineación de la malla se realizara un proceso muy usado en el enrollado de papel, el sistema funciona por medio de varios rodillos por los que rueda la malla haciendo que al final la malla llegue siempre en la misma posición quedando así alineada.

Figura 80. Rodillos para alineación



Como se observa en la figura 80 se tienen dos tensores al inicio de la limpieza y al final el primer tensor me garantizara que si se genera alguna soltura o desplazamiento de la malla sea antes de este y no después de este afectando el sistema, la guía #1 me servirá para inclinar mi malla así dándole una caída al liquido desengrasante más directa hacia el tanque almacenador la guía 2 y 3 permiten que la malla siga un curso recto para la aspersion de aire y chequeo de malla.

Por otra parte se usara un pistón que se encargara de mantener una presión en los extremos horizontales de la malla mientras esta se enrolla, por medio de una arepa por decirlo así mantendrá la uniformidad de esta presión en toda el área de vertical de la malla a medida que se va enrollando así como se muestra en la figura 37, en el otro extremo se tiene este mismo sistema con la arepa pero esta es fija por lo que no cuenta con pistón, este sistema ya es usado actualmente en la empresa.

Se descarto el uso de un variador de velocidad debido a que el sistema no requiere variar su velocidad en caso de distensionamiento o aumento de velocidad en la línea por tratarse de una malla metálica además de contar con otros sistemas para este fin como el freno y se requiere de una velocidad baja para un mejor rendimiento de los rodillos limpiadores.

Lo que se busca es que la malla quede enrollada tal como se muestra la figura 81 sin ninguna punta salida para evitar que se dañe en el transporte y/o bodegaje.

Figura 81. Malla enrollada



Tensión:

Como se muestra en la figura 80 los tensores como el freno que se mostrará a continuación, permitirán que la malla conserve una tensión normal para su limpieza.

Freno en eje del rollo de malla: El rollo de malla salido del telar ira montado en un par de chumaceras las cuales permitirán que el eje gire libremente, sin embargo lo que se requiere es que gire pero con cierta oposición a este giro para obtener la tensión que se requiere, pero las chumaceras simplemente permiten que el eje gire sin ninguna oposición por lo que se tuvo que realizar un diseño de un dispositivo que frenara este eje así oponiéndose al movimiento y generando tensión, lo que se hizo fue hacer que el eje del rollo de malla de 3" saliera un poco de la chumacera para ponerle un freno el cual consiste en apretar el eje de forma gradual por medio de un tensor a continuación veremos una serie de figuras las cuales nos mostraran el sistema, las fotos corresponden a un sistema que se una en los troqueles.

Figura 82. Descripción freno



En la figura 82 se muestra un sistema que actualmente está montado en un troquel de la empresa **INGENIERÍA & FILTRACIÓN LTDA**, la descripción que se le dio a los elementos se basa en nuestro sistema por ejemplo el eje salido de rollo de malla representaría el eje del rollo de la malla al cual se le debe de aplicar el freno, este sistema tiene un tornillo el cual nos servirá para graduar el agarre de este como se ve en la figura 83

Figura 83. Freno

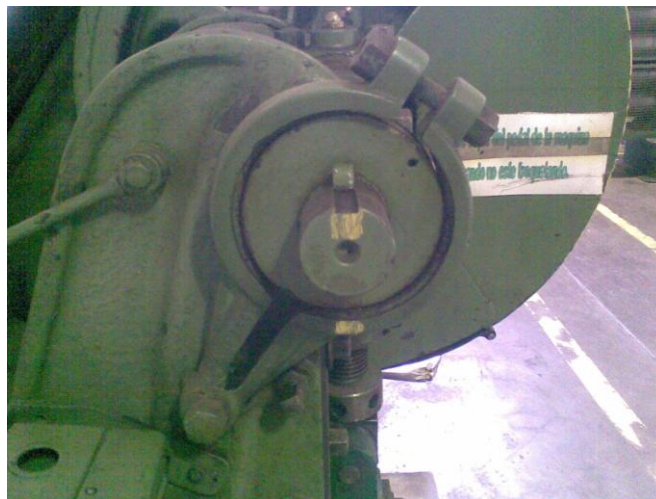


Figura 84. Vista freno simulación 3D

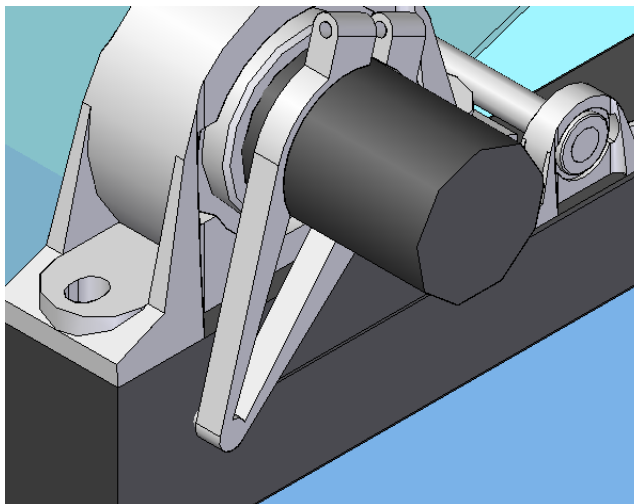


Figura 85. Dimensiones freno

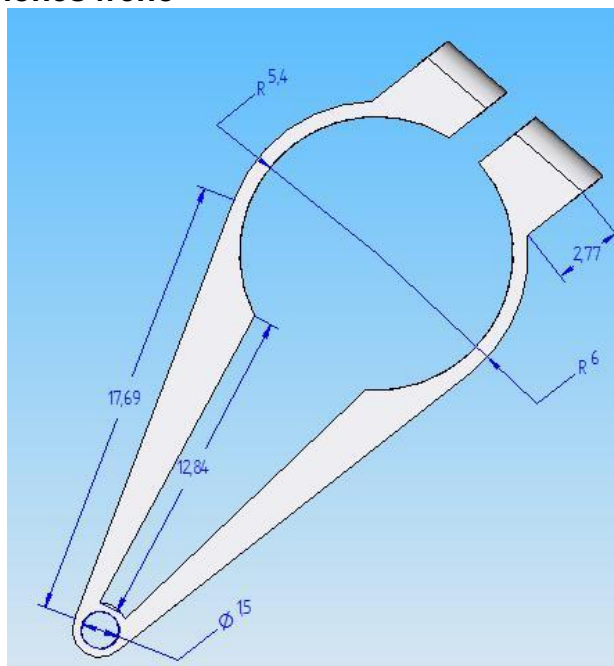
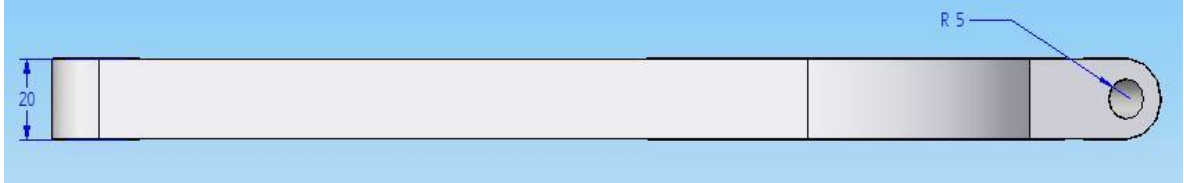


Figura 86. Dimensiones ancho freno



15.3. EMBALAR

En la parte del embalaje hay varias formas de las cuales la empresa INGENIERÍA & FILTRACIÓN S.A desea que se pueda efectuar, una de ellas es usando stretch que es una película elástica la cual permite adherirse fácilmente a la malla y protegerla al polvo, agua, etc. Por otra forma de hacerlo es por medio de cartón y otro simplemente poniéndole un alambre para evitar que este se desenrolle, esto con el fin de que no todas las mallas se tengan que empacar de la misma forma ya que algunas son distribuidas a clientes que no le dan importancia al empaque de la misma, mas si llega esto a generar gastos para la empresa.

En esta etapa simplemente se debe permitir al operador del dispositivo girar libremente el motor, de esta forma pudiendo embalar la malla, esto se hará por medio de un pedal que funcionara solo en el momento en que el dispositivo este en esta etapa de embalado o en casos que se verá más adelante en la parte del control.

Figura 87. Pedal



Fuente: Interempresas, Pedal, [Consultado 06/14/09], Disponible en internet: <http://www.interempresas.net/FotosArtProductos/P27731.jpg>

El operador simplemente tiene que pegar una parte del cartón, stretch o alambre y hacer girar el motor que a su vez girará el rollo de malla completo, así cubriendo todo el rollo.

15.4. ALARMAR

Figura 88. Alamar



Como ya se menciona las alarmas se harán de forma audiovisual, estas alarmas servirán para proteger tanto los equipos, el operario y el buen funcionamiento de la maquina, por lo que se cree conveniente realizar alarmas en los siguientes casos:

En caso de bajo nivel en el tanque de almacenamiento del desengrasante, para evitar el daño de la bomba.

Para esta alarma lo que se hará es instalar un flotador que al bajar del nivel predeterminado para el buen funcionamiento de la bomba conducirá así activando la alarma y a su vez apagará la bomba.

Figura 89. Interruptor por flotador



Fuente: Directindustry, Flotador, [Consultado, 06/14/09], Disponible en internet: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/interruptor-de-nivel-de-flotador-360361.jpg

En la figura 89 se muestra el interruptor que por medio de un flotador me abrirá o cerrará un contacto que servirá para activar la alarma y desactivar la bomba, como se ve en la figura este interruptor se instala por medio de una rosca la cual se

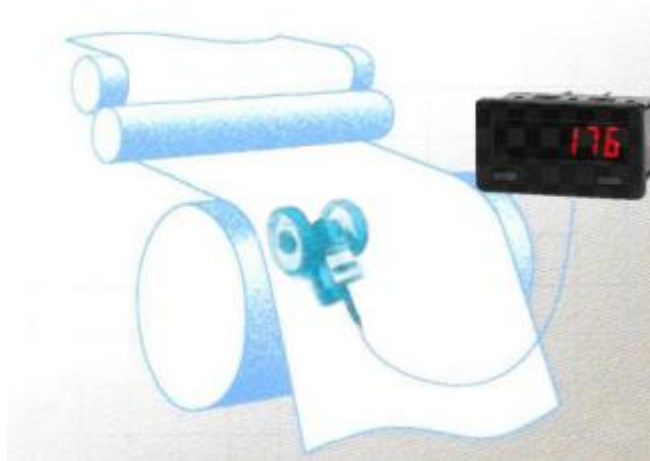
pondrá a una altura en la cual se debe mantener el líquido desengrasante para el buen funcionamiento de la bomba.

Otra alarma se dará al terminar el proceso por medio de un contador de metros, los rollos de malla comúnmente son de 30m en esta medida el sistema debe de dar una alarma para indicar el terminado del proceso.

15.5. SENSAR

En la etapa sensor debemos usar un dispositivo capaz de determinar la longitud de forma electrónica, a continuación se mostrara el sensor a usar para determinar esta medida; En la figura 90 se muestra como debe ir el sensor.

Figura 90. Medidor de longitud

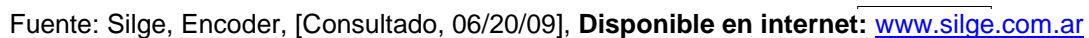


Fuente: Silge, Encoder, [Consultado, 06/20/09], **Disponible en internet:** www.silge.com.ar

Con este sensor se tiene la facilidad de setiar una longitud deseada y el acople de este en esa medida envía una señal la cual aprovecharemos para detener el ciclo que se haya corrido; En el procesamiento de materiales como papel, textiles, filmes, a menudo es necesaria la medición de longitud del material procesado y además de la velocidad de avance del material; Para implementar esta aplicación seleccionamos un encoder Autonics tipo ENC-1-2-1, que ya tiene incorporadas las ruedas de medición con un contador / taquímetro Red Lion Controls de la línea CUB5; El encoder Autonics ENC-1-2-1 genera 1 pulso dependiendo del valor que se seleccione de avance del material, tiene dos canales de salida, con señales desfasadas 90°, lo que permite procesarlas en el contador.

Todo este conjunto se alimenta con una fuente Autronics SP0312 para montar sobre riel DIN, que proporciona una tensión regulada de 12 Vcc con una capacidad de corriente de 250 mA.

Figura 79. Circuitería Sensor



15.6. CONTROLAR

Figura 92. Controlar



En esta etapa se debe de diseñar el modo de control de los diferentes actuadores ya mencionado para este caso haremos una representación graficet que nos permitirá observar el funcionamiento de la máquina de forma controlada; a continuación se mostraran las condiciones dadas por los operarios e igualmente condiciones tanto de seguridad como del diseño mismo de la maquina.

Igualmente para garantizar el buen funcionamiento de la maquina se deben de garantizar un alistamiento que consiste en acoplar el rollo de malla en sus respectivas chumaceras, seguido de acoplar el freno en el eje del rodillo.

Por otra parte la malla debe ser trasladada manualmente de un extremo a otro impidiendo así la limpieza de la malla en aproximadamente 1 metro y medio, sin embargo se pueden plantear soluciones como el acople de cuerdas u otros elementos para trasladarla y no perder la limpieza de ese tramo, sin embargo el diseño no lo plantea.

Condiciones: En cuanto a la seguridad, el controlador debe de recibir la señal a cada instante del sensor (Switch flotador) instalado en el tanque almacenador del desengrasante de esta forma asegurando que la bomba tenga siempre flujo del mismo así evitando averías en sus partes internas.

Igualmente el controlador tendrá un stop de emergencia para el operador asegurando que la maquina pueda ser detenida en cualquier momento en caso de fallo.

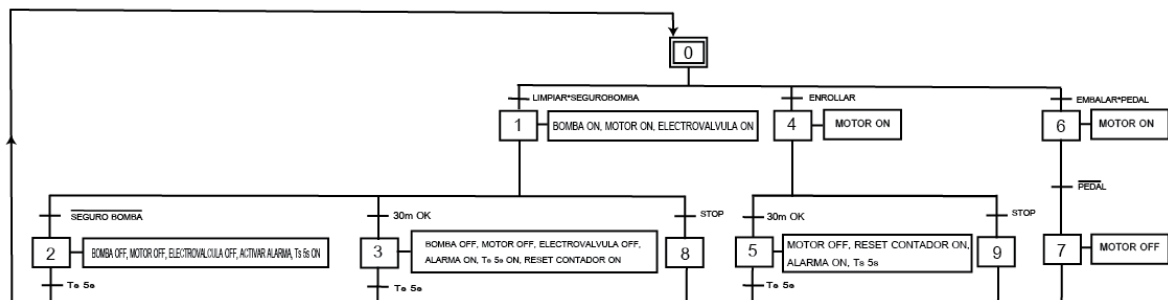
El controlador contara con tres etapas la primera llamada limpiar en la cual se debe de accionar los actuadores bomba y motor, la segunda etapa llamada enrollar únicamente debe de accionar el actuador motor, como ya se explico anteriormente no todas las mallas requieren ser limpiadas mas si enrolladas y embaladas por tanto la bomba no debe ser accionada, la tercera etapa llamada

embalar que ira accionada por un pedal permitirá el accionamiento controlado del motor para que el operario gire el eje que contiene la malla y le permita ya será embalar con stretch, cartón o simplemente con un alambre; en todas estas etapas deben de estar funcionando constante mente los sensores señalados.

Tabla 12. I/O

Entradas y Salidas PLC	
Entradas	Salidas
Etapas	Alarmas
Limpiar	Alarma roja
Enrollar	Alarma verde
Embalar	Actuadores
Sensores	Bomba
Seguro nivel	Motor
Contador 30m	Control
Independientes	Reset Contador 30m
Stop	
Pedal	

Figura 93. Grafcet

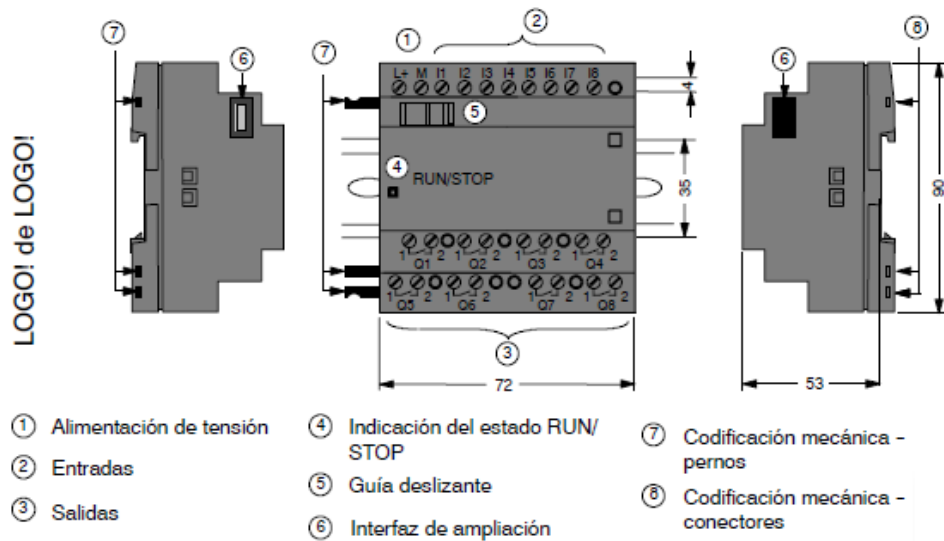


Selección de PLC

En la selección del PLC se debe tener en cuenta el número de entradas y salidas de nuestro programa, como ya se mostro en la tabla 1 el PLC debe contar con 8 entradas y 5 salidas.

Después de buscar los diferentes PLC's disponibles se obtuvo como selección un PLC logo DM 16 230R, este PLC tiene 8 entradas digitales y 8 salidas digitales con alimentación 115VAC este es un PLC 230R con modulo de ampliación para obtener más entradas DM16, sus salidas digitales son de 24VCC

Figura 94. Logo

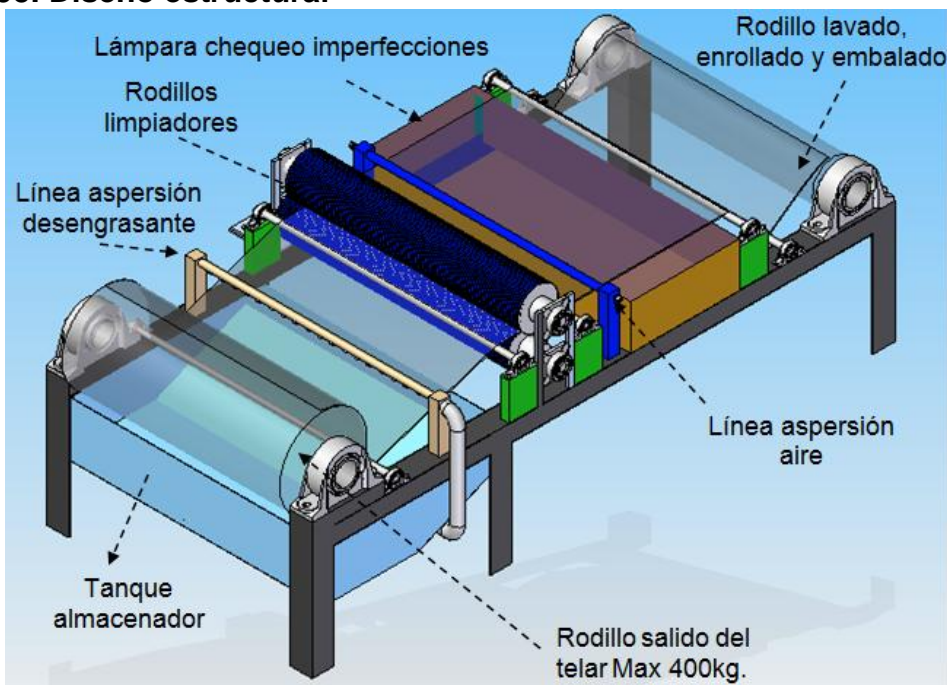


Fuente: Docseurope, Logo, [Consultado 07/15/09] Disponible en internet: <http://docseurope.origin.electrocomponents.com/webdocs/09da/0900766b809dade.pdf>

15.7. DISEÑO ESTRUCTURAL.

En el diseño estructural se debe de tener en cuenta el peso y dimensiones de los rodillos, actualmente se fabrican rodillos de mallas que alcanzan los 400kg máximo por lo que la estructura debe soportar en peso al menos en el lugar donde se ancla en rodillo salido del telar, en la siguiente imagen se muestra la estructura con todos los componentes.

Figura 95. Diseño estructural

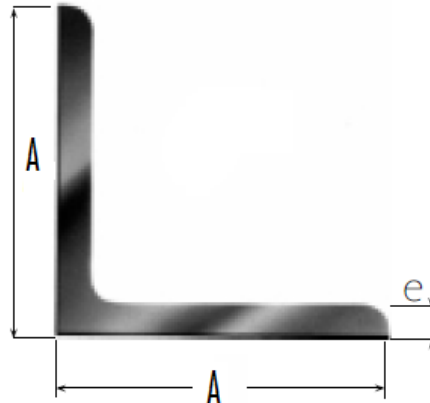


Esta estructura está diseñada con ángulo de 4" X ¼'

Iluminación de inspección

Para garantizar un mejor chequeo del tejido de la malla se requiere de una lámpara como se muestra en la figura 95 la cual permitirá al operario observar más fácilmente el tejido de la malla, la lámpara requiere de dos tubos fluorescentes de 20W cada uno.

Figura 96. Angulo estructural

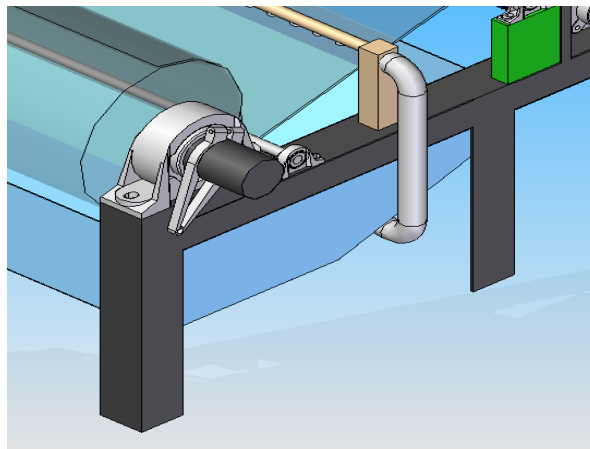


Fuente: iienti, Ángulos estructurales, [Consultado 05/07/09], Disponible en internet: <http://iienti.net/cerrajeria/downloads/ANGULOS%20ESTRUCT.pdf>

Las secciones A tienen una medida en mm de 101.6mm y la sección e tiene 6.4 mm dimensiones suficientes para soportar el peso de el rodillo, esta información fue sacada de un catalogo de ángulos de acero estructurales para que el diseño este con estándares de ángulos comerciales.

La primera sección del dispositivo es donde encontramos la mayor cantidad de peso concentrado por esta razón se decidió poner un segundo soporte para darle más estabilidad y evitar la deformación del la longitud del ángulo por su larga trayectoria.

Figura 97. Soporte 400kg



Para la construcción y traslado de la maquina se decidió seccionarla la estructura en dos partes como se muestra en la figura 98

Figura 98. Seccionamiento estructura

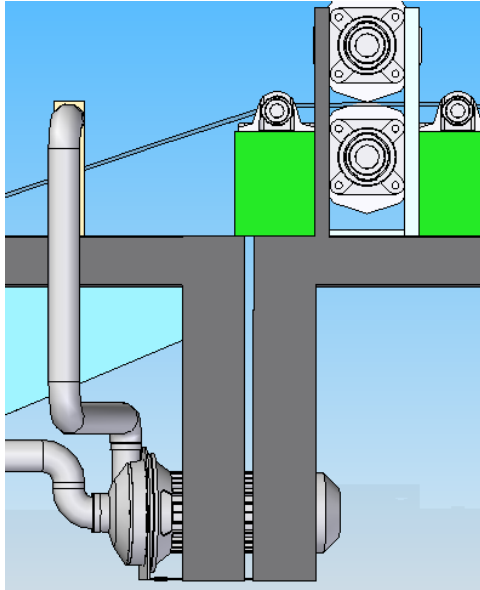
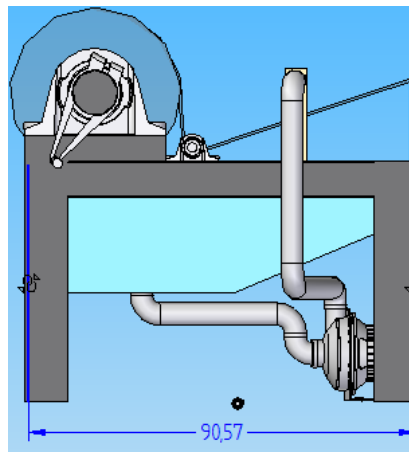
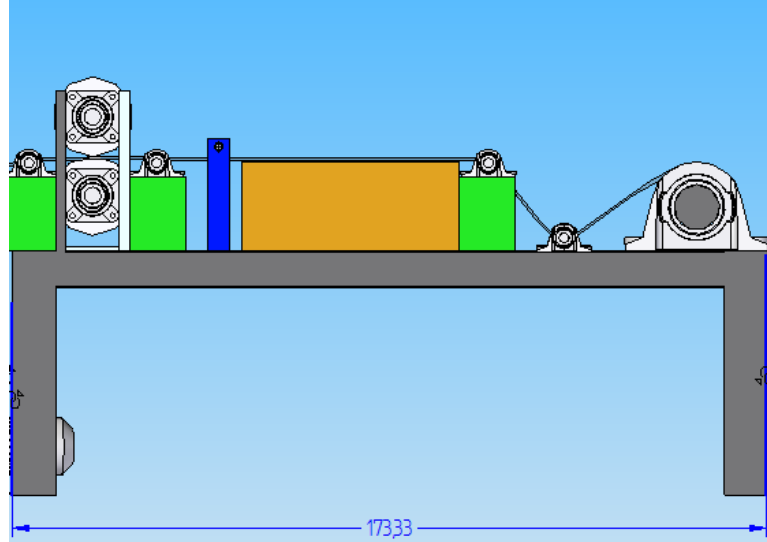


Figura 99. Sección #1



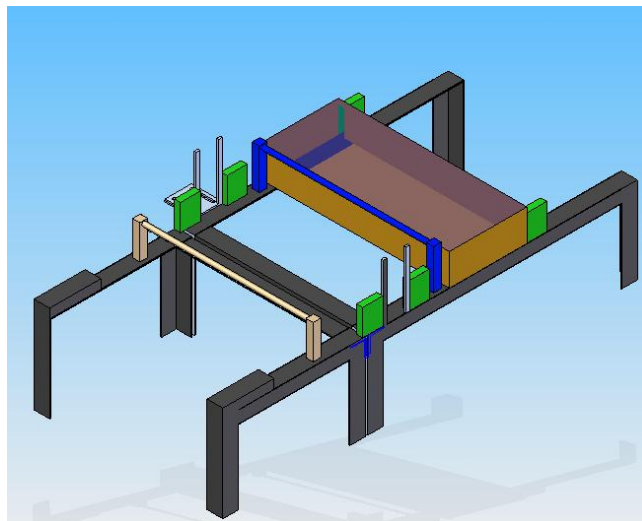
De esta forma obtendremos dos secciones la primera tendrá un largo de 90cm por 120 cm de ancho como se observa en la figura 99 y la segunda un largo de 173cm por 120 cm de ancho al igual que la sección #1 como se muestra en la figura 100.

Figura 100.seccion #2



Y finalmente obtener una estructura seccionada como se muestra en la figura 101

Figura 101. Estructura seccionada



COSTOS PROYECTO LIMPIEZA DE MALLAS

Tabla 13. Costos maquina limpieza

Cantidad	Desripcion	Precio	Total
12m	Angulo 4' ¼	\$165,000.00	\$330,000.00
1	Tanque almacenador	\$480,000.00	\$480,000.00
2	Chumaceras rodillo superior	\$78,000.00	\$156,000.00
2	Chumaceras rodillo inferior	\$47,900.00	\$95,800.00
2	Chumaceras rodillo telar	\$180,000.00	\$360,000.00
2	Chumaceras rodillo listo	\$99,900.00	\$199,800.00
10	Rodamientos tensores y guias	\$23,000.00	\$230,000.00
2	Rodillos limpiadores	\$230,000.00	\$460,000.00
1	Bomba centrifuga	\$195,000.00	\$195,000.00
1	Motor Rollo	\$175,000.00	\$175,000.00
1	Motor Rodillos	\$78,000.00	\$78,000.00
19	Aspersores desengrasante	\$33,600.00	\$639,000.00
21	Aspersores aire	\$19,000.00	\$399,000.00
15m	Tuberia glabanizada	\$22,800.00	\$68,400.00
1	Filtros	\$140,000.00	\$140,000.00
2	Carcasas filtros	\$30,000.00	\$60,000.00
2	Acoples rapidos	\$9,000.00	\$18,000.00
1	Alarma	\$24,000.00	\$24,000.00
2	Manguera x 4 metros	\$7,900.00	\$15,800.00
2	Lampara	\$14,700.00	\$29,400.00
1	Mano de obra	\$840,000.00	\$840,000.00
1	Ingenieria	\$4,500,000.00	\$4,500,000.00
1	Adicionales estructura	\$270,000.00	\$270,000.00
1	PLC	\$230,000.00	\$230,000.00
1	Instalación PLC	\$780,000.00	\$780,000.00
1	Software PLC + Cable	\$820,000.00	\$820,000.00
1	Programación	\$450,000.00	\$450,000.00
1	Sensor longitud	\$320,000.00	\$320,000.00
1	Flotador nivel desengrasante	\$180,000.00	\$180,000.00
Total			\$12,543,200.00

En la tabla 13 se observan los costos de elementos necesarios para la construcción del dispositivo de limpieza de mallas.

Tabla 14. Costos actuales limpieza, enrollado y embalado mallas

Rollos diarios	Tiempo requerido limpieza actualmente	Tiempo diario actualmente	Costos actuales diarios
3	3 horas por rollo	9	\$53,451.00
Rollos semanal		Tiempo semanal actualmente	Costos actuales semanales
15		45	\$267,255.00
Rollos mensuales		Tiempo mensual actualmente	Costos actuales mensuales
60		180	\$1,069,020.00
Rollos anuales		Tiempo anual actualmente	Costos actuales anuales
600		1800	\$10,690,020.00

En la tabla 14 se puede observar los tiempos y costos en mano de obra para los rollos fabricados diariamente, semanalmente, mensualmente y anualmente. En la actualidad el costo de mano de obra por hora es de \$5939 y el operario tarda aproximadamente 3 horas por rollo salido del telar, en estos costos no se tuvo en cuenta los costos del líquido desengrasante que tiene un costo de \$87780 por galón y que actualmente no es aprovechado un 100 %.

A continuación, se mostraran los costos usando el dispositivo diseñado para la limpieza anteriormente descrito.

Tabla 15. Costos limpieza, enrollado y embalado mallas usando maquina diseñada

Rollos diarios	Tiempo requerido limpieza Maquina	Tiempo diario Maquina	Costos actuales Maquina
3	1 horas por rollo	3	\$17,817.00
Rollos semanal		Tiempo semanal Maquina	Costos actuales Maquina
15		15	\$89,085.00
Rollos mensuales		Tiempo mensual Maquina	Costos actuales Maquina
60		60	\$356,340.00
Rollos anuales		Tiempo anual Maquina	Costos actuales Maquina
600		600	\$3,563,400.00

En la tabla 15 se observan los tiempos y costos que se requieren para realizar la limpieza de mallas usando el dispositivo diseñado, los rollos de mallas salidos del telar tiene aproximadamente 150m o 15000cm los cuales el dispositivo recorrería en 35 min debido a su velocidad de 7cm/seg, sin embargo se debe tener en cuenta paradas ocasionadas por el operador en casos de emergencia o inspección de la malla por lo que se considera que el dispositivo teniendo en cuenta estos factores el dispositivo tendrá el rollos de malla listo en 1 hora.

Comparando la tabla 14 y 15 se puede ver una reducción de costos significativos para la empresa, anualmente la empresa ahorraría en mano de obra \$7'126.620, el liquido desengrasante también será aprovechado y economizado debido a su reciclado, también se debe tener en cuenta que el dispositivo asegurará 100% la limpieza de la malla y quizá el punto más importante es el evitar el contacto directo del operador con el liquido desengrasante evitando riesgos profesionales que pueden generar alto costos para la empresa en caso de darse.

Tiempo de recuperación de inversión es de 2 años aproximadamente.

16.LABORATORIO

En este objetivo lo que se pretende es determinar qué tipo de elementos se requieren para conformar un laboratorio de tal manera que se puedan obtener variables involucradas en la filtración, a continuación se mostraran los elementos requeridos para determinar estas variables.

Una variable importante a la hora de seleccionar un filtro es determinar la partícula a filtrar, sabiendo esto podemos definir de qué mesh de malla fabricar el filtro, de la siguiente forma podemos determinar el tamaño de las partículas en un muestra que un cliente específico requiera.

16.1.1. Determinar tamaño de partículas en sólidos

A continuación se mostrará el proceso que se debe llevar a cabo para determinar el tamaño de las partículas.

Para determinar el tamaño de partículas en sólidos usaremos una tamizadora y una balanza electrónica como se muestra en la figura 102 y figura 103 respectivamente.

Figura 102. Tamizadora



Figura 103. Balanza



Fuente: Yoreparo, Balanza, [Consultado 07/06/09], Disponible en internet: http://www.yoreparo.com/foros/files/sp6000_1.jpg

En la tamizadora se seleccionaran seis (6) tamices dependiendo del tipo de sólido que sea, este paso se hará en base a la experiencia, la balanza nos ayudara a determinar la cantidad del sólido que retuvo en cada uno de los tamices, así determinando el porcentaje de partículas retenidas en cada tamiz y definiendo que tamaño de partículas se encuentra más en la muestra.

Descripción pasos a seguir para determinar tamaño de partículas.

- Tomar una muestra de X g exactamente del sólido.
- Escoger los seis (6) tamices en base a su experiencia.
- Vaciar la muestra de X g del sólido en la tamizadora.
- Dejar que la tamizadora haga su labor.
- Recoger y pesar de cada tamiz la cantidad retenida e ingresarlo en el software de forma ordenada.
- El sistema se encargara de determinar el porcentaje en base a la muestra total (X g) que se quedo en cada uno de los tamices y pudiendo determinar cuál es el mayor porcentaje y tamaño de partículas que habían en la muestra.

Figura 104. Desarrollo automático para sólidos

Peso muestras	
200	

Peso en tamiz #1	Porcentaje en tamiz	%	# Tamiz con peso alto
20	10.0	%	#1
Peso en tamiz #2			
80	40.00	%	
Peso en tamiz #3			
60	30.00	%	# Tamiz con peso bajo
Peso en tamiz #4			
20	10.00	%	#2
Peso en tamiz #5			
10	5.00	%	
Peso en tamiz #6			
10	5.00	%	



En la figura 104 se muestra el desarrollo automático para determinar el número del tamiz donde se encuentra la mayor y menor cantidad del solido tamizado igualmente muestra su cantidad en porcentaje a partir de la muestra, el usuario tendrá que ingresar los datos de peso en cada tamiz como se muestra en la figura 88, ya con estos datos podemos determinar el tamaño de estas partículas pudiendo también determinar el tipo de malla a usar en el filtro.

16.1.2. Determinar tamaño de partículas en líquidos

Por otra parte también se debe determinar el tamaño de partículas en líquidos, sin embargo en este punto no se realizo un estudio para determinar equipos capaces de realizar esta labor, ya que la empresa posee un dispositivo electrónico para la toma de estas muestras, sin embargo no se sabe operar, ni calibrar; este dispositivo es capaz por medio de una cámara microscópica de determinar el tamaño de partículas en una muestra ya sea liquida o solida, la labor que se realizo en este punto fue realizar un manual sencillo para su calibración y toma de muestras, a continuación se mostrara el manual realizado.

Figura 105. Microscopio



Véase en anexo A.

16.1.3. Medidor de turbidez

La turbidez con unidades de medida NTU (Unidades nefelométricas de turbidez) es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra.

La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En lagos la turbiedad es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales, en los ríos, es debido a dispersiones normales.

La eliminación de la turbiedad, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración.

La medición de la turbiedad, en una manera rápida que nos sirve para saber cuándo, cómo y hasta qué punto debemos tratar el agua para que cumpla con la especificación requerida.¹²

Por lo visto en los párrafos anteriores la turbidez es una medida importante a las hora de determinar si realmente el filtro usado fue efectivo en su labor, para esto existen varios tipos de turbidímetros todos con los mismos métodos para determinarlo por lo tanto se mostrara uno de ellos a continuación.

Figura 106.Turbidimetro



Fuente: 4oakton, Turbidimetro, [Consultado, 08/27/09], **Disponible en internet:**
http://www.4oakton.com/SellSheets/2477_OaktonCatalogSections/Optico/2477_OaktonLA_Turb.pdf
Latin America

Véase en anexo B, Especificaciones del equipo

¹² Avantel, Turbiedad,[Consultado 08/27/09], **Disponible en internet:**
<http://www.avantel.net/~arbolag/html/turbi.htm>

16.1.4. Partes por millón.

Otro aspecto importante es determinar el número de partículas por millón antes y después del filtrado así determinando la eficacia del filtro.

Proporción de la concentración de una sustancia con respecto a la concentración de otra, como una unidad de soluto disuelta en un millón de unidades de disolvente. Se puede expresar también en términos de peso-peso, volumen-volumen o en cualquier otra relación de unidades de medida.

1 ppm puede equivaler a 1 mg de sustancia por kg de sólido, 1 mg de sustancia por litro de líquido o 1 mg de sustancia por m³ de gas.¹³

Figura 107. Equipo medición partes por millón



Fuente: Solostocks, Partes por millón, [Consultado, 08/20/09], **Disponible en internet:** http://www.solostocks.com/lotes/comprar/medidor-t-d-s-portatil-para-osmosis-inversa/oferta_1659544.html

Este equipo tiene un rango de 0 a 9990 ppm es en forma de lápiz lo que lo hace ser muy fácil de portar, tiene un costo aproximado de \$205.000 pesos

¹³ Greenfacts, partes por millón, [Consultado 09/16/09], **Disponible en internet:** <http://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/partes-million.htm>

16.1.5. Viscosidad

La viscosidad de un fluido se puede considerar como la consistencia del fluido, es importante determinar la viscosidad y la temperatura a la cual se realizará el filtrado, ya que es determinante en la caída de presión de un flujo; Es un factor relativo por que cuando se están filtrando pequeñas partículas, si el flujo es incrementado la caída de presión también se aumenta. Por el contrario, si la caída de presión es reducida, el flujo se reduce, siempre que se mantenga el grado de filtración, Si filtramos el mismo fluido a un micronaje mayor y la caída de presión se mantiene estática, el flujo se incrementará. Nuevamente, si filtramos a un mayor micronaje pero con mayor caudal, la caída de presión aumentara, El grado de filtración, caudal y caída de presión, están directamente relacionados unos a otros y determinan las dimensiones del filtro. Entonces, podemos decir con seguridad que a mayor viscosidad mayor tendrá que ser el filtro, o, mayor será la caída de presión.

Véase teoría de la viscosidad en anexo C

Figura 108. Equipo Viscosidad



Fuente: Instrumental Pasteur, viscosímetro, [Consultado, 08/20/09], Disponible en internet: <http://www.instrumentalpasteur.com.ar/imagenes/productos/3936.jpg>

FUNCIONAMIENTO:

El principio de funcionamiento de equipo es muy simple, un cilindro o disco suspendido de un muelle de cobre-berilio gira mediante un motor sincrónico dentro del líquido muestra, quedando reflejada la lectura de la viscosidad en una escala incorporada en el disco.

Tabla 16. Características

Rango de medida	100 - 10.000 cP
Velocidad de los rotores	6 rpm, 12 rpm, 30 rpm, 60 rpm.
Tolerancia	+/- 5 %
Dimensiones	260 x 140 x 320 mm
Peso	6.5 Kg

- **CARACTERÍSTICAS :** Rango de viscosidad de 100 a 10.000 Cp, cuatro rotores para viscosidades medias, cuatro velocidades de motor seleccionables, tolerancia +/- 5% en líquidos Newtonianos.
- **VENTAJAS Y DESVENTAJAS:** Instrumento de estructura compacta, de gran estabilidad en las medidas y alta exactitud y precisión, adecuado para lectura de viscosidades medias.
- **APLICACIONES:** Tiene un amplio espectro de aplicación como puede ser la medida de la viscosidad en grasas, pinturas, industrias alimentarias, farmacéuticas, etc.

17.CONCLUSIONES

- El uso del método de ingeniería concurrente nos ayuda a resolver los problemas planteados por medio de diferentes pasos que de seguirse se llegara a la mejor solución para el problema.
- En la fase de selección de conceptos se determino por medio de tamizaje y evolución de estos que las líneas de aspersión y los rodillos limpiadores son la mejor opción para la solución del problema planteado.
- Tras analizar el proceso de limpieza de mallas y de acuerdo al método a usar para este proceso se determinaron las variables a sensar para que el proceso fuese semiautomático.
- El dispositivo evitara el contacto directo del operario con el líquido desengrasante evitando así costos para la empresa en caso de una enfermedad profesional y mejorando la salud ocupacional del mismo.
- El dispositivo realizara la labor de limpieza, enrollado y embalado de forma más ágil que la actual, disminuyendo en un 67% el tiempo que actualmente se requiere para este proceso.
- El sistema de control fue diseñado de tal forma que permitiera al operario seleccionar la operación que desea realizar (limpieza, enrollado y embalado).
- Algunas de las piezas diseñadas para el dispositivo tiene dimensiones que solo aplican para este, sin embargo se tuvieron en cuenta estándares de mediciones.
- En el diseño planteado se tuvieron en cuenta asesorías de personas que están en el medio y de diseños de maquinas similares, lo cual se considera indispensable para obtener un buen diseño.

- Después de determinar factores importantes en el proceso de filtración se seleccionaron equipos que permitieran la toma de decisiones para la selección de filtros y/o medio filtrante de forma acertada.
- En la etapa de selección de conceptos para la limpieza se obtuvieron tres conceptos de los cuales dos de ellos tuvieron un puntaje muy cercano por lo que se creyó importante la unión de estos para asegurar que la limpieza fuera 100% efectiva.

BIBLIOGRAFÍA

APUNTES DE CLASE de Andrés Felipe Navas, profesor del curso de “Diseño Mecatrónico” de la Universidad Autónoma de Occidente. Cali, periodo Agosto – Diciembre de 2008.

APUNTES DE CLASE de Juan Carlos Mena, profesor del curso de “Autómatas programables” de la Universidad Autónoma de Occidente. Cali, periodo Enero – Mayo de 2008.

Automationtraining [En línea], PLC,[consultado 2/20/09], **Disponible en internet:** <http://www.automationtraining.ca/siemens-S7-300-course.asp>,

Boop, Mallas tejidas, [consultado 03/11/09], **Disponible en internet:** <http://www.bopp.ch>

El prisma[En Línea], Sensores,[consultado 2/18/09], **Disponible en internet:** http://www.elprisma.com/aportes/ingenieria_industrial/transductoressensores/

FILTRACIÓN, España, CAMFIL FARR, consultado 2 de Febrero de 2009, **disponible en internet:** http://www.camfilfarr.com/cou_espana/filtertechnology/filtertesting/mobile_Lab.cfm

Fluidos, Bombas, [Consultado, 05/05/09], **Disponible en internet:** http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/maquinashidraulicas/seleccionbomba_scentrifugas/seleccionbombascentrifugas.html

Introducción al GRAFCET, [consultado 2/22/09], **Disponible en internet:** <http://formacion.plcmadrid.es/descargas/docs/Grafcet0.pdf>

Ingeniero, Méndez, Arnaldo, Ingeniería Concurrente, Universidad Autónoma de Occidente.

Ingefilter, Telas metálicas, [consultado 14/03/09], **Disponible en internet:**
http://www.ingefilter.com/html/telas_metalicas.htm

Perry, Robert H. Manual del Ingeniero Químico, 3ª ed., vol. 2, Mc Graw Hill, 1992, 379Pg

Spraying Systems Co., Productos para Aspersión Industrial, Catalogo 55, 1995, pág. 196.

Sumitecc, Aceros serie 300, [Consultado 04/04/09], **Disponible en internet**
<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20303.pdf>

Nosas, Rodillos limpiadores, [Consultado 03/10/09], **Disponible en internet:**
http://www.nosas.com/prova_web/3M_mill_rolls.php

Wordreference [en línea], Filtro, [consultado 2/17/09], Disponible en internet:
<http://wordreference.com/definicion/filtro>

ANEXOS

ANEXO A. MANUAL CALIBRACIÓN MICROSCOPIO

El software Motic Images Plus 2.0 ML proporciona tres métodos de calibración: Calibración con Círculo, Calibración con Escala en Cruz y Calibración con Escala en Línea, para este caso utilizaremos el método de calibración con círculo, requiriendo de una laminilla (figura 109) que incluye el microscopio, con la que podremos obtener un patrón del cual conocemos sus dimensiones y con que se podrá realizar la calibración.

Figura 109. Laminilla de calibración



Esta es la laminilla con la cual obtendremos la calibración de la cámara del microscopio, así pudiendo definir el tamaño real de las partículas u objetos que queramos medir de forma acertada.

Esta laminilla cuenta con 4 puntos el primero empezando de izquierda a derecha tiene un diámetro de 1.5mm, 0.6mm, 0.15mm y 0.07mm con los cuales podremos calibrar.

Ya teniendo claro los elementos necesarios para obtener la calibración podremos entrar a realizarla, antes que nada debemos tener instalado en software Motic Images Plus 2.0 ML incluido con el microscopio, su instructivo de instalación tanto del software como de la cámara y su controlador lo podremos encontrar en los manuales del mismo.

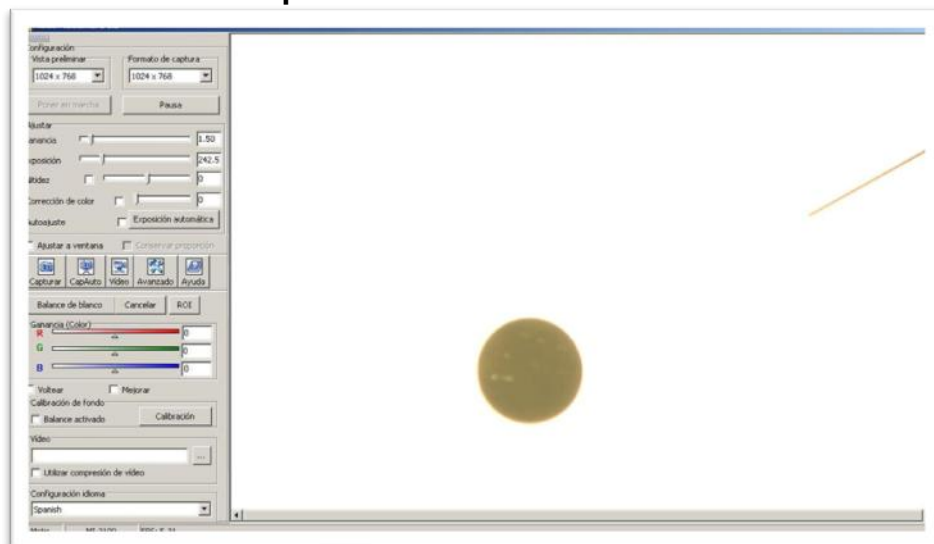
Ingresamos el programa dando inicio/todos los programas/Motic/Motic image plus 2.0; ya abierto el programas damos click en el botón de captura como se muestra en la figura 110.

Figura 110. Captura



Dando clic en este botón nos saldrá una ventana emergente la cual nos mostrara en pantalla lo que la cámara está viendo, en este momento debemos de ingresar la laminilla y ubicarla en el punto donde se pueda apreciar alguno de los puntos de esta.

Figura 111. Ventana de captura



En la figura 111 podemos ver la ventana de captura y la imagen obtenida por la cámara, en el momento en que la laminilla se encuentre ubicada en el punto procedemos a dar clic en el botón captura de la barra de herramientas del lado izquierdo, en ese momento el programa toma una foto de lo que se encuentre en pantalla de esta forma ya tenemos una imagen de la cual sabemos sus dimensiones y con la cual podremos entrar a calibrar la cámara.

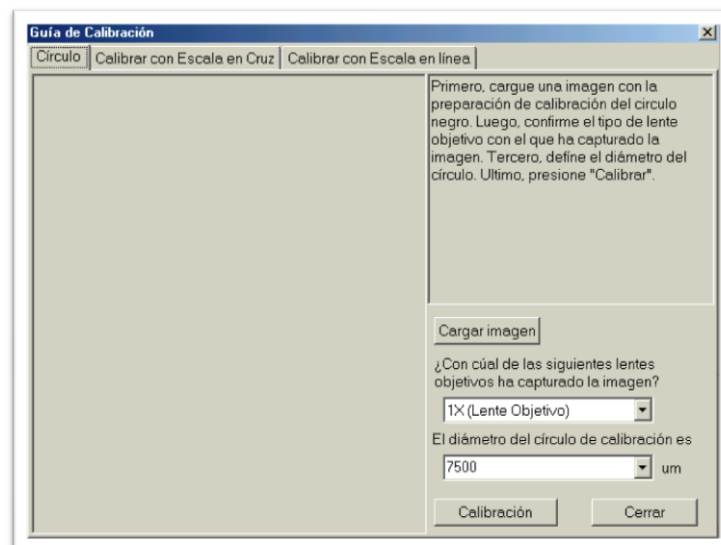
Cerramos la ventana de captura y volvemos al home del programa en el que damos clic en la flecha de la derecha del botón de Calibración de la barra de Medición y mostrará el siguiente menú desplegable.

Figura 112. Menú de calibración



Ya en este menú obtendremos una ventana emergente donde tendremos que seleccionar el comando Calibración Ajustada y mostrará la ventana de Calibración Ajustada. Para escoger el método de calibración, por favor seleccione la correspondiente etiqueta en este caso lo realizaremos por círculo.

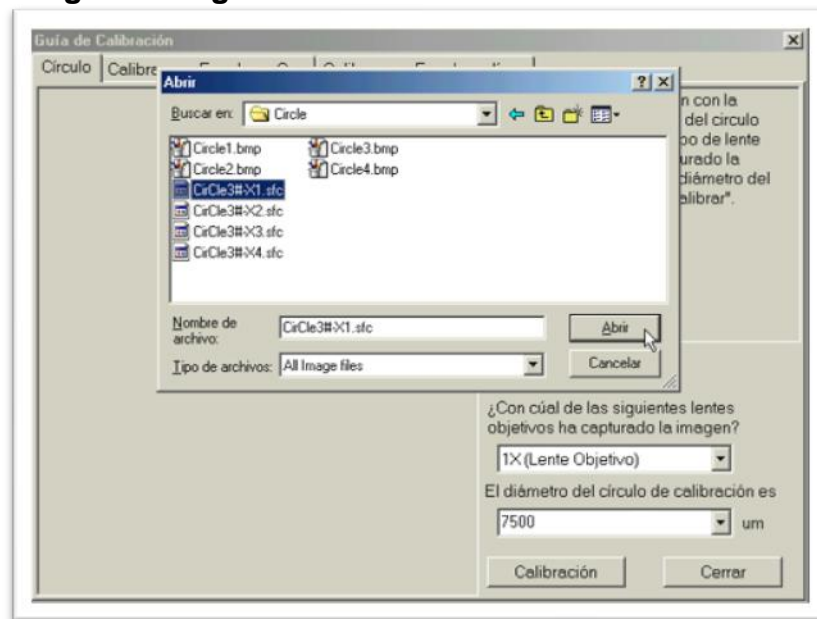
Figura 113. Ventana de calibración



Para calibrar con Calibración con Círculo, primero seleccione el comando de Calibración Ajustada y obtendrá su ventana. Seleccione la pestaña de Calibración con Círculo para mostrar la correspondiente pestaña.

Clic en el botón de Cargar Imagen y aparecerá el cuadro de dialogo de Abrir Fichero de Imágenes, donde Ud. podrá escoger la imagen con el círculo de calibración para calibrar que previamente tomamos. Clic en el botón de Abrir, la imagen que usted haya escogido será descargada.

Figura 114. Carga de imagen



Confirmar el tipo de objetivo que utilizó para la captura de la imagen seleccionada en este caso usaremos 100X, entonces introduzca el diámetro del círculo de calibración. Clic en el botón de calibración y el proceso de calibración precisa habrá finalizado.

Figura 115. Objetivo

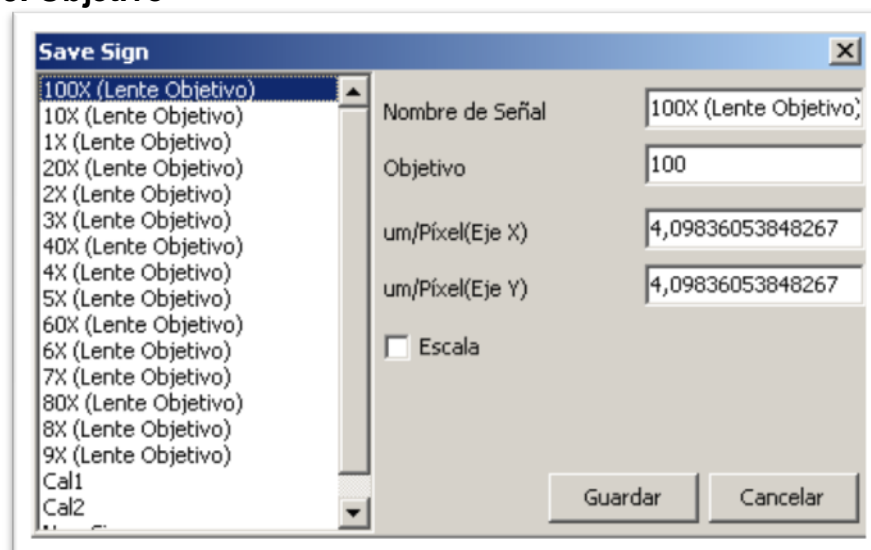
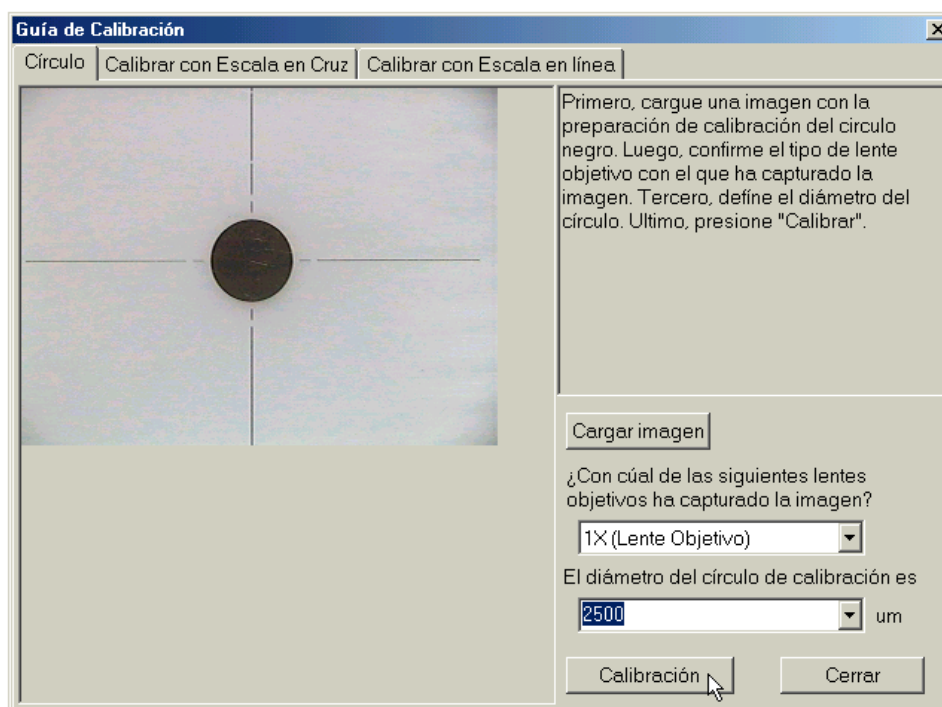


Figura 116. Calibración



El cuadro de dialogo Guardar Señal aparecerá cuando haga clic sobre el botón de calibración. Introduzca el nombre de la Señal haciendo clic sobre su correspondiente que encontrará en la lista de la izquierda del cuadro de diálogo,

luego haga clic en el botón de Guardar, el resultado de la calibración quedará guardada y podrá ser utilizada en la medición.

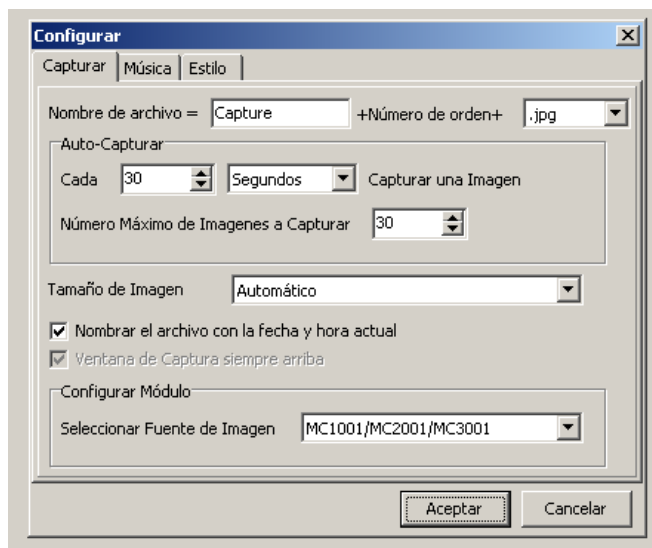
Cuando finalice la calibración, clic en el botón de Cerrar para cerrar la ventana de Calibración.

En caso de que la camara no este trasmitiendo imagenes al computador debemos de checkear primeramente la configuracion de esta, ingresamos al menu archivo/configuracion como se muestra en la figura 117.

Figura 117. Menu configuracion



Figura 118 Configuración



Ya estando en la pantalla configuración debemos de ajustar los valores como se muestra en la figura 118.

Para verificar que la cámara ya tiene asociado un controlador nos vamos a mi PC/ clic derecho / administrar, estando allí vamos a administrador de dispositivos y verificamos que la cámara tiene su controlador, en caso de no tener debemos instalarlo, en la guía del microscopio obtendremos ayuda acerca de esto.

Igualmente otro punto a tener en cuenta es tener la escotilla fuera para así darle paso a la cámara y no a los lentes.

ANEXO B. ESPECIFICACIONES TURBIDIMETRO

Tabla 17. Especificaciones turbidimetro

Especificaciones

Modo	Medidor de turbidez T-100
Rango	0.1 a 19.99 NTU, 20.0 a 99.9 NTU, 100 a 1000 NTU
Resolución	0.01 NTU, 0.1 NTU, 1 NTU
Método de medición	Método nefelométrico (90°) conforme ISO 7027 (DIN EN 27027)
Exactitud	±2% de medición de 0 a 500 NTU, ±3% de medición de 501 a 1000 NTU
Repetabilidad	±0.01 NTU ó ±1% de medición, lo que sea mayor
Tiempo de respuesta	<6 segundos para cambio de paso completo
Estándares de calibración	0.02 NTU, 20.0 NTU, 100 NTU, 800 NTU

Estandarización: estándares primarios basados en polímeros aprobados EPA

Fuente de luz: diodo emisor de infrarrojo (long. De onda de 850 nm)

Vida de fuente de luz: >1,000,000 mediciones

Detector: Silicón fotovoltaica

Stray light: <0.02 NTU

Pantalla: 4-dígitos, LCD personalizada de 14-segmentos

Viales de muestreo: vidrio de boro silicato con tapas con rosca, línea de llenado, y marca de indexado. 2"H x 1"dia (51 x 25 mm)

Volumen de muestra: 10 ml (0.33 oz) mínimo

Rango de temperatura de operación:

0 a 50°C (32 a 122°F)

Humedad de operación: 0 a 90% RH, rango no condensable a 86°F (30°C)

Fuente de poder: cuatro pilas alcalinas AAA (incluidas), >1200 mediciones

Cubierta: plástico ABS/clasificado IP67

Dimensiones

Medidor: 2.7"W x 6.1"L x 1.8"H (6.8 x 15.5 x 4.6 cm)

Medidor empacado: 6.3"W x 13.8"L x 4.7"H (16 x 35 x 12 cm)

Peso

Medidor: 7 oz (200 g);

Medidor empacado: 2.75 lb (1.25 kg)

Fuente: 4oakton, Turbidimetro, [Consultado, 08/27/09], **Disponible en internet:**
http://www.4oakton.com/SellSheets/2477_OaktonCatalogSections/Optico/2477_OaktonLA_Turb.pdf **Latin America**

LAS APLICACIONES PARA ESTE EQUIPO SON:

- **Agua potable:** Uso para prueba de bacterias y otros cultivos.
- **Industria de Alimentos y Bebidas:** Prueba la claridad del agua y verifica contaminación indeseada.
- **Ambiental/Acuacultura:** Prueba de aguas en arroyos, lagos y estanques in situ.
- **Industriales:** Ideal para verificación de agua en petroquímica, electro plastia, y otro procesos industriales.

ANEXO C. TEORÍA VISCOSIDAD

El principio teórico de la filtración se fundamenta en la cuantificación de la relación básica de velocidad un fluido o caudal:

$$velocidad = \frac{F}{R}$$

donde la *fuerza impulsora* (F) que puede ser la fuerza de gravedad, el empuje de una bomba de presión o de succión, o la fuerza centrífuga, mientras que la *resistencia* (R) es la suma de la ofrecida por el medio filtrante y la torta de sólido formada sobre el mismo.

La velocidad del fluido se ve condicionada por el hecho de que tiene que atravesar un medio irregular constituido por los canales pequeños formados en los intersticios de la torta y el medio filtrante, de manera que se puede aplicar la fórmula adaptada fluidodinámica de la ley de Hagen-Poiseuille:

$$\frac{dV}{Ad\theta} = \frac{P}{\mu \left[\alpha \frac{W}{A} + r \right]}$$

donde la velocidad diferencial o instantánea, es decir, el volumen (V) filtrado por tiempo (θ) y por unidad de superficie (A), se relaciona con la *fuerza impulsora* o caída total de presión (P) sobre el producto de la viscosidad del filtrado (μ) por la suma de la resistencia de la torta y la del medio de filtración (r). La resistencia de la torta se expresa por la relación entre el peso (W) y el área en función de una constante (α) promedio característica de cada torta.¹⁴

¹⁴ Taninos, Viscosidad, [, Consultado, 08/20/09], Disponible en internet: <http://taninos.tripod.com/viscosidad.htm>